Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

+ *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.

+ *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.

+ *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.

+ *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página `http://books.google.com`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

Princeton University Library
32101 049823006

Digitized by Google

ANNEX LIB.

Library of

Princeton University.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

ORGANE DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

DIRECTEUR

J. BLONDIN, AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ

RÉDACTEUR EN CHEF

Alfred SOULIER, EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE.

TOME III

5 Janvier 1918 — 29 Juin 1918

PARIS

AUX BUREAUX DE LA REVUE

12, PLACE DE LABORDE (8e ARRt

1918

Digitized by Google

CONSEIL D'ADMINISTRATION

PRÉSIDENT

CORDIER Gabriel. — Président de l'Union des Syndicats de l'Electricité.

VICE-PRÉSIDENTS

LEGOUEZ Raynald. — Membre de la Chambre de Commerce de Paris. —Administrateur des Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est.

MEYER Ferdinand. — Président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Directeur de la Compagnie Continentale Edison.

ADMINISTRATEURS

BIZET Paul. — Président honoraire du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Administrateur de la Compagnie Générale d'Electricité.

BERTHELOT Daniel. — Membre de l'Académie de Médecine. — Président du Syndicat professionnel des Producteurs de Distributeurs d'Énergie électrique. — Président du Conseil d'Administration de la Société d'Electricité de Paris.

BRYLINSKI Emile. — Président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique.— Directeur du Triphasé (Nord-Lumière).

CAHEN Henri. — Vice-Président du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Administrateur délégué du Sud-Electrique.

DUVAL Charles. — Directeur des Services Electriques de la Société Générale d'Entreprises.

ESCHWEGE Paul. — Président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Directeur de la Société d'Eclairage et de Force par l'Electricité.

FONTAINE Eugène. — Secrétaire général du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Secrétaire de l'Union des Syndicats de l'Electricité.

GAUTHIER-VILLARS Albert. — Editeur. — Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

GIRARDEAU Emile. — Ingénieur. Ancien élève de l'Ecole Polytechnique. — Administrateur directeur technique de la Société Française Radio-Electrique.

LEVI Lazare. — Directeur général de la Société l'Eclairage Electrique.

MASSE René. — Président du Syndicat professionnel de l'Industrie du gaz. — Ingénieur civil des Mines, ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

MAZEN Natalis. — Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction des Chemins de fer de l'Etat. — Professeur à l'Ecole Supérieure d'Electricité.

MEYER Marcel. — Président du Syndicat professionnel des Industries Electriques. — Directeur de la Compagnie Générale des travaux d'Eclairage et de Force (Etablissements Clemançon).

MICHEL Charles. — Directeur de la Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'usines à gaz.

PARÉ Marcel. — Ingénieur en chef de la Compagnie Française d'Eclairage et de Chauffage.

PETIT Joseph. — Administrateur délégué de l'Omnium Lyonnais de Chemins de fer et Tramways.— Administrateur de la Société Anonyme Westinghouse.

SAUREL Maurice. — Docteur en droit. — Directeur général adjoint de la Compagnie Française Thomson-Houston.

TICIER Armand. — Directeur de la Société d'Eclairage Electrique de Bordeaux et du Midi.

COMMISSAIRES DES COMPTES

DURANGEL George. — Secrétaire général de l'Energie Electrique du Littoral Méditerranéen.

DIEUDONNÉ Jules. — Chef de la comptabilité des Tramways de Paris et du Département de la Seine.

DIRECTEUR

BLONDIN J. — Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF

SOULIER Alfred. — Expert près le Tribunal civil de la Seine.

Digitized by Google

COMITÉ DE RÉDACTION

PRÉSIDENT

Blondel, André, Membre de l'Institut, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées.

VICE-PRÉSIDENTS

Brylinski, E., Président d'honneur du Syndicat des Producteurs de Distributeurs d'Énergie électrique, Président de la Société Internationale des Électriciens et du Comité Électrotechnique français.

Janet, Paul, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, Directeur du Laboratoire Central et de l'École Supérieure d'Électricité.

Leblanc, Maurice, Président de la Commission Électrotechnique Internationale, Ingénieur conseil.

SECTION SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE

d'Arsonval, A., Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France.

Deprez, Marcel, Membre de l'Institut, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Lippmann, G., Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Violle, J., Membre de l'Institut, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Berthelot, Daniel, Membre de l'Académie de Médecine, Président du Conseil d'administration de la Société d'Electricité de Paris.

Bergonié, Dr J.-A., Membre correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

Guillaume, Ch. Edouard, Membre correspondant de l'Institut, Directeur du Bureau Central des Poids et Mesures.

Barbillion, L.-C., Professeur à l'Université de Grenoble, Directeur de l'Institut Electrotechnique de Grenoble.

Becker, J., licencié ès sciences.

Bethenod, J., Ingénieur en chef de la Société Française Radio-Électrique.

Bion, Lieutenant de vaisseau.

Boucherot, P., Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielle de la Ville de Paris.

Brillouin, M., Professeur au Collège de France.

Broca, A., Professeur agrégé de physique à la Faculté de médecine, Répétiteur à l'École Polytechnique.

Camichel, C., Professeur à la Faculté des Sciences, Directeur de l'Institut électrotechnique de Toulouse.

Chaumat, H., Sous-Directeur de l'École Supérieure d'Électricité.

Dennery, A., Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Directeur de l'École professionnelle Supérieure des Postes et Télégraphes.

Devaux-Charbonnel, X., Ingénieur en chef des Télégraphes.

Fabry, Ch., Professeur à l'Université de Marseille, Examinateur à l'École Polytechnique.

Ferrié Colonel G., Directeur technique de la Radiotélégraphie militaire.

Féry, Ch., Docteur ès sciences, Professeur à l'École de Physique et de Chimie.

Girault, P., Ingénieur électricien.

Guilbert, C.-F., Ingénieur électricien, Arbitre rapporteur près le Tribunal de Commerce de la Seine.

Guillebot de Nerville, Ingénieur en chef des Télégraphes, Professeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées.

Gutton, C., Professeur à l'Université de Nancy.

Jouaust, R., Chef de travaux au Laboratoire Central d'Électricité.

Jouguet, Ingénieur en chef au Corps des Mines.

Lamotte, M., Professeur à la Faculté des Sciences et à l'Institut électrotechnique de Toulouse.

Langevin, P., Professeur au Collège de France.

Laporte, F., Sous-Directeur du Laboratoire Central d'Électricité.

Latour, Marius, Ingénieur conseil.

Leauté, André, Répétiteur de physique à l'École Polytechnique Secrétaire général de la Société Industrielle des Téléphones.

Liénard, A., Professeur à l'École supérieure des Mines.

Mauduit, A., Professeur d'Électrotechnique à la Faculté des Sciences de Nancy.

Pérot, A., Professeur à l'École Polytechnique.

Poincaré, Lucien, Vice-recteur de l'Académie de Paris.

Pomey, J., Ingénieur en chef des Télégraphes.

Rigollot, Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Lyon Directeur de l'École Centrale lyonnaise.

Swyngedauw, R.-A., Professeur à l'Université de Lille, Directeur de l'Institut Électrotechnique de Lille.

† **Tissot**, C., Capitaine de frégate.

Turpain, A., Professeur de physique à la Faculté des Sciences de Poitiers.

Vogt, Directeur de l'Institut Électrotechnique de Nancy.

Weiss, P., Professeur à l'École Polytechnique de Zurich.

SECTION INDUSTRIELLE, ÉCONOMIQUE et FINANCIÈRE

Carpentier, J., Membre de l'Institut, Constructeur électricien.

Le Chatelier, Henri, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Liesse, André, Membre de l'Institut, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Witz, A., Membre correspondant de l'Institut, Doyen de la Faculté libre des Sciences de Lille.

Armagnat, H., Ingénieur conseil, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

Auvert, Ingénieur principal du matériel de la Compagnie P.-L.-M. (installations électriques).

† **Bellet**, Daniel, Secrétaire de la Société d'Économie Politique, Professeur à l'École libre des Sciences politiques.

Bochet, A., Ingénieur des Arts et Manufactures, Ancien Président de la Société Internationale des Électriciens.

(RECAP)

DEC 20 918 401095

Digitized by Google

Brenot, P., du génie, Chef du poste radiotélégraphique de la Tour Eiffel, Conseiller technique au Ministère des Colonies.

Brocq, Directeur de la Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'usines à gaz.

de la Brosse, Ingénieur en chef du Service des forces hydrauliques des Alpes.

Buffet, J., Président de la Société Nancéenne de Crédit industriel et de Dépôts.

Cambon, Victor, Ingénieur des Arts et Manufactures.

Charpenay, Banquier, Membre de la Chambre de Commerce de Grenoble, Administrateur délégué de la Société des Forces motrices du Haut-Grésivaudan.

Caudrelier, F., Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef des Services électriques de la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité.

Cordier, Lieutenant-colonel, Chef de la Section technique de l'artillerie.

Cordier, Directeur de l'usine de Champagne-sur-Seine des Etablissements Schneider.

Cote, E., Directeur de *La Houille blanche*.

Drouin, F., Directeur des Services techniques de la Compagnie Générale d'Électricité.

Eydoux, D., Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur principal des Chemins de fer du Midi.

Fyrolles, L., Ingénieur, Directeur de l'École spéciale des Travaux publics, du Bâtiment et de l'Industrie.

Flusin, Professeur d'électrochimie et d'électrométallurgie à la Faculté des Sciences de Grenoble.

Girod, Paul, Administrateur délégué des Établissements Paul Girod, à Ugine.

Gratzmuller L., Ingénieur en chef du matériel de traction électrique à la Société Alsacienne de Constructions mécaniques.

Guyon, Directeur de la Compagnie des Tramways de Lyon.

Hugoniot, Ingénieur conseil.

Imbs, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef de la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité.

Jumau, Ingénieur.

Juppont, Ingénieur conseil.

Labour, P., Ingénieur.

Labrouste, P., Ingénieur conseil.

Laurain, H., Président de la Société d'Électricité de Reims et de la Société des Tramways électriques de Reims, Directeur des Services techniques de la Société du Gaz de Paris, Membre du Conseil de l'École Centrale.

Lauriol, P., Ingénieur en chef des Services généraux d'éclairage de la Ville de Paris.

Legouez, R., Membre de la Chambre de Commerce de Paris.

Lelong, Ingénieur en chef des constructions navales, Ministère de la Marine.

Lépine, Charles, Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur-délégué de la Société hydro-électrique de Fure et Morge et de Vizille.

Lévy-Salvador, Paul. Chef du Service technique de l'hydraulique agricole au Ministère de l'Agriculture.

Locherer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef de la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris.

Loppé, F., Ingénieur des Arts et Manufactures.

Lorin, Maître de Conférences à l'École Centrale.

Mamy, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

de Marchena, Sous-Directeur de la Compagnie Française Thomson-Houston.

Mariage, André, Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur général de la Compagnie générale des Omnibus de Paris.

Maugas, Gabriel, Ingénieur général du Génie Maritime.

Mazen, N., Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction des Chemins de fer de l'État.

Parodi, H., Ingénieur, Chef des Services électriques du Matériel et de la Traction du Chemin de fer d'Orléans.

Picou, R., Ingénieur conseil, ancien président du Comité Electrotechnique Français.

Piérart, Lieutenant-colonel, Chef de l'Établissement central de Matériel spécial du Génie.

Pinot, R., Secrétaire général de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques.

Resal, Eugène, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Administrateur-directeur des Tramways de Bordeaux.

Rey, J., Administrateur-directeur de la maison Sautter-Harlé.

Roth, E., Ingénieur électricien.

Roux, G., Directeur du Bureau de Contrôle des Installations électriques.

de Valbreuze, Ingénieur électricien, Administrateur-délégué des Anciens Établissements Deberghe et Lafaye.

Vautier, T., Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

Walkenaer, Ch., Inspecteur général des Mines.

Weiss, Georges, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine.

SECTION DE LÉGISLATION

Bougault, P., Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

Carpentier, E., Professeur adjoint à la Faculté de Droit de Paris, Avocat à la Cour d'Appel.

Ducreux, A., Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

Fontaine, E., Secrétaire général du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique, Secrétaire de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

Frenoy, Avocat à la Cour de Cassation et au Conseil d'Etat.

Mahieu, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur chargé des Services des Routes, de l'Automobile, des Usines hydrauliques et des Distributions d'Énergie électrique au Ministère des Travaux publics, des Transports et du Ravitaillement.

Monmerqué, A., Inspecteur général des Ponts et Chaussées. Secrétaire du Comité permanent d'électricité.

Payen, E., Docteur en droit, Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

Sée, Raymond, Ancien élève de l'École Polytechnique, Docteur en Droit, Directeur de l'Ouest-Lumière.

Sirey, Ch., Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

Taillefer, A., Avocat à la Cour de Paris, ancien élève de l'École Polytechnique, membre de la Commission technique de l'Office national de la propriété industrielle.

de la Taste, Avocat à la Cour d'Appel de Paris, Licencié ès sciences physiques et chimiques.

Weiss, Inspecteur général des Mines.

Zacon, Inspecteur du Travail.

Digitized by Google

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES

Recherches et travaux scientifiques

GÉNÉRALITÉS

Théories. — La gravitation et le principe de la relativité 682
Les mouvements vibratoires des systèmes couplés expliqués quantitativement par des expériences simples (*Edwin H. Barton* et *Miss W.-H.-M. Browning*). 608
Nature des vibrations entretenues par une force périodique (*C.-V. Raman* et *Ashutosh Dey*)..... 396
Systèmes oscillants amortis par une résistance proportionnelle au carré de la vitesse (*Parker van Zandt*) 608
Contribution à l'étude expérimentale des mouvements périodiques (*A. Poucholle*)..... 387

Divers. — Sur le choix du sens positif des rotations (*L. Lecornu*)..... 864
Sur les recommandations de l'Académie au sujet du langage scientifique moderne 385

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME

Généralités. — La loi du rendement maximum (*F. Kade*)..... 507
Sur le théorème de la conservation de la puissance réactive (*Marius Latour*)..... 278
Puissance active et puissance réactive (*J.-B.-Pomey*). 315
Sur la théorie de l'excitation par choc d'un circuit oscillant (*J. Bethenod*)..... 499, 712
Théorie des petites oscillations de l'arc chantant (*J.-B. Pomey*)..... 574
Théorie moléculaire des substances ferromagnétiques (*Kotarô Honda* et *Junzo Okubô*)..... 576
Calcul de la force électromotrice efficace (non sinusoïdale) d'un alternateur (*H. Pécheux*)..... 204
Théorème général pour le calcul des oscillations de transition dans un réseau (*John R. Carsox*)..... 210
Phénomène de surtension dans un circuit dépourvu de self-induction en courant continu (*H. Chaumat*). 203
A propos des surtensions dans un circuit dépourvu de self-induction en courant continu (*J.-B. Pomey*) 346
Propagation sur une ligne à circuit ouvert (*E. Brylinski*) 43
Lignes artificielles téléphoniques (*J. B.- Pomey*).... 123
Détermination simple de la rotation de phase (*T.-W. Varley*) 306
Notions sommaires d'électrotechnique, par *R. de Valbreuze* (Bibliographie)..... 386

Électrostatique. — Mesure des pertes diélectriques des isolants (*C.-E. Skinner*)..... 319
La rigidité diélectrique apparente de la toile vernissée (*R.-J. Wiseman*)..... 395

Électrocinétique, Électrodynamique. — Courant électrique. — Répulsions entre conducteurs en barres (*H.-B. Dwight*)..... 353
Formules pratiques pour le calcul de la self-induction des conducteurs tubulaires (*H.-B. Dwight*)..... 798
Conductibilité électrique des couches obtenues par pulvérisation (*Robert W. King*)..... 132
Variation de la conductivité du mica avec la température (*H.-H. Poole*)..... 356
La résistivité et le pouvoir thermo-électrique du calcium métallique (*C.-L. Swischer*)..... 724
L'influence du traitement thermique sur les propriétés électriques des aciers, particulièrement sur la résistivité et le potentiel thermo-électrique (*E.-D. Campbell et W. Dowd*)..... 210
Décharge électrique. — Potentiel d'ionisation des électrodes dans divers gaz (*F.-M. Bishop*)..... 132
Polarisation cathodique dans un gaz fortement ionisé (*C.-A. Skinner*)..... 171
Accroissement de pression dans le phénomène des couronnes (*Earle-H. Warner*)..... 327
Elasticité de l'impact des électrons avec les molécules gazeuses (*J.-M. Benade* et *H.-T. Compton*). 798
Jauges à vide du type radiométrique (*R.-G. Sherwood*) 828

Magnétisme, Électromagnétisme. — Champ électromagnétique d'un élément de courant constant dans un milieu biaxe (*Marcel Brillouin*)... 243
Note sur le champ électromagnétique dans un milieu biaxe (*Marcel Brillouin*)..... 275
Théorie moléculaire des substances ferromagnétiques (*Kotarô Honda* et *Junzô Okubo*) 576
L'aimantation, par rotation, du fer, du nickel et du cobalt et la nature de la molécule magnétique (*B.-J. Barnett*)..... 91
Sur un nouveau phénomène magnétocalorique (*Pierre Weiss* et *Auguste Picard*)..... 426
Inversion de l'effet Hall dans les alliages (*Alpheus-W. Smith*)..... 248
Note sur les pertes dans les tôles de fer aux fréquences élevées (*Marius Latour*)..... 539
Sur les propriétés magnétiques du manganèse et de quelques aciers spéciaux au manganèse (*C. Chéneveau* et *Ch. Géneau*)..... 468
Propriétés mécaniques, électriques et magnétiques des alliages fer-aluminium fondus dans le vide (*Trygve D. Yensen* et *Walter-A. Gatward*) 825
Résistance et aimantation (*C.-W. Heaps*)..... 248
Influence de la capacité des spires dans les solénoïdes à couche unique (*J.-C. Hubbard*)..... 128

Rayons X. — Les rayons X et la guerre (*G.-W.-C. Kaye*)..... 89

Digitized by Google

Recherches expérimentales sur l'émission totale de rayons X à partir de quelques métaux..... 723
Détermination du rendement dans la production des rayons X (*Paul.-T. Weeks*)..... 862

Radio-activité. — Modification active de l'hydrogène produite par les rayons α (*William Duane* et *Gerald L. Wendt*)..... 131
La radio-activité des roches préhistoriques de l'État de Mysore, dans l'Inde du Sud (*M.-F. Smeeth* et *H.-E. Watson*)..... 904

Électricité atmosphérique. — Les paratonnerres (*Ach. Delamarre*)..... 133
Production électrique de la pluie..... 209

Magnétisme terrestre. — Ocean Magnetic Observations 1905-1916 and Reports on special Researches (Observations magnétiques sur l'Océan de 1905 à 1916 et Rapports sur quelques recherches spéciales), par *L.-A. Bauer*, *W.-J. Peters*, *J.-A. Fleming*, *J.-P. Ault* et *W.-F.-G. Swann* (Bibliographie). 819

Électro-optique. — Corps à résistivité variable sous l'action de la lumière..... 889

Électro-thermique. — La résistivité et le pouvoir thermo-électrique du calcium métallique..... 724
L'influence du traitement thermique sur les propriétés électriques de l'acier, particulièrement sur la résistivité et le potentiel thermo-électrique (*E.-D. Campbell* et *W. Dowd*)..... 210

SCIENCES DIVERSES

Hydraulique. — Sur les mouvements de l'eau dans les cheminées d'équilibre. Conduites fermées aux deux extrémités. Accumulateurs et pare-chocs (*Denis Eydoux*)..... 645

Mécanique. — Sur les nouvelles méthodes de calcul de résistance et sur la nécessité de les introduire dans les programmes d'enseignement (*Henri Lossier*)..... 664
Des transports aériens pour la manutention des matières premières dans l'industrie (*F. Séba*..... 184
La construction mécanique en France et les causes de son faible développement (*H. Ernault*)..... 563
L'étude de l'évolution des machines et procédés industriels (*Léon Guillet*)..... 564
Les laboratoires de machines et de mécanique générale (*Boyer-Guillon*)..... 567
Proposition tendant à la création, par les constructeurs et fabricants mécaniciens, d'un Institut français de Mécanique appliquée » (*J. Androuin*)..... 563
Création d'un comité des machines-outils et de l'outillage mécanique..... 856

Chaleur. — La liquéfaction des gaz et l'industrie du froid, par *L. Décombe* (Bibliographie)..... 122
La statique des fluides, par *E.-H. Amagat* et *L. Décombe* (Bibliographie)..... 122
Diagramme entropique du pétrole. — Erratum (*Jean Rey*)..... 796, 928

Émission. — Echelle des températures vraies et pouvoir émissif du tungstène aux températures d'incandescence (*Worthing*)..... 607
Rayonnement des filaments de tungstène droits et hélicoïdaux (*W.-W. Coblentz*)..... 720
Détermination de la constante c_2 du rayonnement de Planck (*C.-E. Mendenhall*)..... 279

Divers. — Sur la mesure de la viscosité des huiles (*C. Chéneveau*)..... 777

Applications techniques et industrielles

GÉNÉRALITÉS

Statistique. — La consommation d'énergie électrique de l'agglomération parisienne..... 746

Organisation, Exploitation. — Sur la force motrice (*Compère*)..... 565
La spécialisation des usines (*Carlioz*)..... 952
Propagande pour le développement des applications de l'électricité dans les habitations (*Georges-P. Roux*)..... 609, 930
La tarification de l'énergie électrique eu égard au cos φ de l'abonné (*P. Boucherot*)..... 83
Des transports aériens pour la manutention des matières premières dans l'industrie (*F. Séba*).... 329
Manchons d'accouplement pour câbles porteurs de transporteurs aériens..... 340
Appareils de pinçage du câble tracteur de transports aériens..... 329
Sur l'utilité, au point de vue économique, de la substitution de transformateurs de grande puissance à un plus grand nombre de tansformateurs de petite puissance..... 313
La revision de la législation des établissements dangereux, insalubres et incommodes (*Navarre*). 39
Application du galvanomètre à cadre mobile à la mesure de la viscosité des fluides (*A. Guillet*)... 938
Sur la mesure de la viscosité des huiles (*C. Chéneveau*)..... 777
L'étude de l'évolution des machines et procédés industriels (*L. Guillet*)..... 564
Les laboratoires de machines et de mécanue générale (*Boyer-Guillon*)..... 567
La construction mécanique en France et les causes de son faible développement (*H. Ernault*)..... 563
Proposition tendant à la création, par les constructeurs et fabricants-mécaniciens, d'un « Institut français de Mécanique appliquée » (*J. Androuin*)..... 563

Unification, Normalisation. — Unification des vitesses angulaires des turbines commandant des alternateurs..... 808
Unification des bouts d'arbres des moteurs électriques..... 543
Unification des tensions de distribution et de transmission..... 82, 162
L'unification des étalons de longueur employés dans l'industrie..... 345
L'unification et l'étalonnage des éléments des constructions industrielles (*Ed. Sauvage*)..... 562
L'unification du matériel des mines (*Engelbach*).... 926
La standardisation des profilés entrant dans les constructions (*Drosne* et *Rousselet*)..... 664
La standardisation aux Etats-Unis (*J.-B. Pomey*).. 261
Méthodes étalons d'essai des isolants moulés..... 207

ÉNERGIE NATURELLE
PRODUCTION DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE

Energie hydraulique. Généralités. - La « Houille blanche » (*Verdin*)..... 629
A propos de « Houille blanche, une solution ouvrière » (*R. Legoucz*)..... 35
L'exploitation de la houille blanche en Bavière..... 272
Sur l'utilisation des forces et des produits de la mer (*Joubin*)..... 592

Digitized by Google

La Société hydrotechnique de France (*A. Pérot*).... 125
Décret du 11 avril 1918 relatif à l'établissement d'usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public..... 670
Circulaire relative aux attributions du ministère de l'Agriculture et du ministère de l'Armement en ce qui concerne les usines hydro-électriques. 384

Aménagements hydrauliques. — Sur le coup de bélier dans une conduite forcée à parois d'épaisseur variable dans le cas d'une fermeture progressive (*Comte de Sparre*)..... 351
Sur les mouvements de l'eau dans les cheminées d'équilibre. Conduites amenées aux deux extrémités. Accumulateurs et pare-chocs (*Denis Eydoux*). 645
Etude des remous et de leur influence sur la construction des barrages mobiles (*Hans Roth*)..... 146
Sur le fonctionnement des chutes d'eau (*Ferdinando Pagliaro*) 26
L'aménagement du Rhône (*Henry de Watteville*)..... 919
Note sur une nouvelle solution du problème de la régulation des groupes électrogènes (*L. Barbillion* et *L. Cayère*)..... 747, 787
Les usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public, par *Paul Marcorelles* (Bibliographie) ... 4
Les travaux du Service des grandes Forces hydrauliques du Sud-Ouest (Bibliographie)..... 602

Moteurs hydrauliques. — Turbine hydraulique à grande vitesse de Escher-Wyss (*J. Reyval*)..... 799
Résultats des essais au frein d'une nouvelle turbine hydraulique à grande vitesse, de la maison Escher-Wyss et Cie (Zurich, Suisse) (*J. Reyval*) 799
Unification des vitesses angulaires des turbines commandant des alternateurs..... 808

Monographies. Descriptions. — Le nouveau barrage de Bocquilla (Mexique) (*Emil Brönimann*) .. 917

Energie thermique. Généralités. — Les altérations du charbon emmagasiné (*S.-W. Parr*)... 582
La tourbe et l'industrie électrique (*Pierre Guieu*)... 768
Emploi de la tourbe comme combustible par les chemins de fer de l'Etat suédois..... 28
L'exploitation des lignites en France..... 193
Le bassin houiller des Alpes françaises (*Gabriel-A. Maillet*)..... 841
Comment économiser le chauffage domestique et culinaire, par *R. Legendre* et *A. Thevenin* (Bibliographie)..... 642
Le réglage de la combustion dans les chaufferies modernes (*L. Conge*)..... 765
La fumisterie dans les stations centrales thermiques (*L. Conge*)..... 65
Projets concernant l'utilisation économique du charbon, la production et la distribution électrique en Grande-Bretagne (*J. Péridier* et *O. Steels*).... 427
Les économies de combustible obtenues par l'emploi du charbon pulvérisé (*E. Piernet*)..... 939
La distillation du goudron et l'utilisation de ses éléments (*E. Piernet*)..... 301
La distillation de la houille et l'utilisation directe au chauffage du goudron et du brai (*E. Piernet*). 61

Aménagements thermiques. — Brûleurs Oméga pour goudron et brai..... 62
Chaudières Bettington et O'Brien, chauffées au charbon pulvérisé..... 941
Chaudière multitubulaire Munoz chauffée au charbon pulvérisé..... 940
Détartrage des tubes de chaudière par l'air comprimé 660
Emploi de deux tonneaux pour le jaugeage de l'eau d'alimentation des chaudières (*T.-W. Reynolds*).. 874
Condenseurs à surface..... 697
Corrosions provoquées par l'acide carbonique de la vapeur dans les machines motrices à vapeur (*Ch. Choroser*)..... 509
Note sur la corrosion des tubes des condenseurs par surface alimentés à l'eau de mer (*G. Costesèque*). 647

Moteurs thermiques. — Sur la consommation de vapeur des turbines..... 498
Les enseignements d'un accident de turbine à vapeur. 785
Diagramme entropique du pétrole. Erratum (*Jean Rey*)..... 796, 928
L'utilisation des moteurs Diesel pendant la guerre... 121
Sur les moyens propres à développer l'emploi des moteurs à combustion interne dans la Marine marchande (*Lumet*)..... 592
Démarrage d'un moteur à gaz par alimentation de la génératrice qu'il entraîne (*Karl-B. M'Eachron*). 112
Inflammation par étincelles. Recherches sur l'effet de l'intensité de l'étincelle sur l'inflammation des machines à combustion interne (*J.-D. Morgan*)... 92

CONSTRUCTION DU MATERIEL ÉLECTRIQUE

Matières premières. — Contribution à l'étude des propriétés magnétiques du manganèse et de quelques aciers spéciaux au manganèse (*C. Chéneveau* et *Ch. Géneau*)..... 571
L'influence du traitement thermique sur les propriétés électriques des aciers, particulièrement sur la résistivité et le potentiel thermo-électrique (*E.-D. Campbell* et *W. Dowd*)..... 210
Corps à résistivité variable sous l'action de la lumière. 889
Sur les nouvelles méthodes de calcul de résistance et sur la nécessité de les introduire dans les programmes d'enseignement (*Henri Lossier*)..... 664
La question des cahiers des charges relatifs aux produits métallurgiques (*G. Charpy*)..... 630
Les industries métallurgiques à l'avant-guerre. Leur avenir. Combustibles. Fer et autres métaux. Economie. Organisation. Enseignement (*Léon Guillet*)..... 890
L'industrie de l'acier en France. Simple exposé technique et industriel, par *Tribot-Laspière* (Bibliographie) 642
Essais sur l'aluminium effectués sous la direction du Comité électrotechnique français..... 823
L'aluminium (*Séjournet*)..... 921
Les bronzes d'aluminium (*Jean Escard*)..... 93
La métallurgie de l'antimoine (*Marcel Bivier*)..... 926
La crise du cuivre en Allemagne..... 836
La métallurgie de l'étain (*Marcel Basset*)..... 955
L'inventaire des minerais de fer armoricains (*L. Cayeux*) 951
La métallurgie de l'or en France (*Strap*)..... 952
La situation économique de la métallurgie du plomb (*Léon Guillet*)..... 922
Le platine (*Caplain-Saint-André*)..... 951
Conditions et essais de réception des métaux, par *Georges Charpy* (Bibliographie)..... 314
Sur les cahiers des charges pour la réception des chaux et ciments (*R. Féret*)..... 665
Sur les propriétés réfractaires de la silice (*H. Le Chatelier* et *B. Bogitch*)..... 19
La fabrication des briques de silice (*H. Le Chatelier* et *B. Bogitch*)..... 259

Matériel, outillage. — Extracteur de vis..... 342
Appareil en quartz pour la distillation continue du mercure dans le vide (*J.-C. Hostetter* et *R.-B. Sosman*)..... 575
Création d'un Comité des machines-outils et de l'outillage mécanique..... 856

Usines et Ateliers. — L'organisation méthodique des ateliers et chantiers ; le perfectionnement du matériel et de l'outillage ; les moyens préventifs contre les accidents du travail (*Schwartz*)..... 704

Digitized by Google

Que faut-il entendre par l'emploi accessoire du courant pour la lumière dans les locaux industriels (*Paul Bougault*) 853
La revision de la législation des établissements dangereux et insalubres (*Navarre*) 39
« La C. E. M. et l'Etirage » 82

PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Généralités. — Sur l'utilisation des forces naturelles pour la production de l'énergie électrique (*Jean Rey*) 493
Projets concernant l'utilisation économique du charbon, la production et la distribution de l'énergie électrique en Grande-Bretagne (*J. Péridier* et *O. Steels*) 427
Rapport sur la production et la distribution de l'énergie électrique établi par le sous-comité de la Reconstitution 431
Rapport sur la section de l'Electricité à l'Exposition internationale urbaine de Lyon, par *Eugène Dumont* (Bibliographie) 3
Propagande pour le développement des applications de l'électricité dans les habitations (*George-P. Roux*) 609, 930
Sur l'amélioration du facteur de puissance d'une grande installation de distribution d'énergie électrique (*F. Scoumanne*) 211
L'amélioration du facteur de puissance des stations centrales suisses grâce à des modifications de tarif 735
L'effet des circonstances de guerre sur le prix de revient et la qualité du service électrique *L.-S. Goodman* et *W.-B. Jackson*) 805
Relèvement du prix de l'électricité à Cognac 111
Sur la tarification de l'énergie électrique employée aux besoins domestiques 930
La tarification de l'énergie électrique d'après les prix du charbon et l'établissement de ce prix ... 641
La fixation du prix de vente de l'énergie électrique en fonction du prix du charbon 537
La tarification de l'énergie électrique eu égard au cos φ de l'abonné (*V. Genkin*) 273
Emission de signaux par les centrales électriques, leur réception chez l'abonné (*Pierre Trichard*). 725
Utilité de l'air comprimé dans les centrales (*Charles A. Hirschberg*) 659
L'empire allemand acquiert une grande usine motrice. 585
Notions sommaires d'électrotechnique, par *R. de Valbreuze* (Bibliographie) 386
Les marches de services publics et la guerre (*L. de la Taste*) 709
La procédure d'instruction des demandes de concessions sur le domaine public (*G. Tochon*) 667
Un projet de loi sur les distributions d'énergie en Autriche (*G. Tochon*) 599
La situation de l'industrie électrique en Allemagne (*F. Loppé*) 303
Sur l'influence allemande dans l'industrie électrotechnique suisse (*E. Tissot*) 75
L'industrie des produits azotés de 1912 à 1916 (*Helen R. Hosmer*) 376
Arrêté du 10 novembre 1917 fixant le tarif des opérations effectuées par le Bureau de Contrôle et d'Essais électrotechniques de l'Université de Toulouse 855

Production. — MACHINES GÉNÉRATRICES. — Note sur l'échauffement des conducteurs dans les encoches (*G. Perrin*) 436
Nouveau distributeur électrique Pestarini, permettant de remplacer le collecteur ou commutateur dans les machines électriques existantes et de solutionner un certain nombre de nouveaux problèmes électriques 656
Espacement et épaisseur des balais (*E.-H. Martindale*) 20
Sur un abaque destiné à faciliter le calcul des rhéostats d'excitation (*P. Poitrimol*) 715
Contribution à l'étude expérimentale des mouvements périodiques (*A. Pousholle*) 387
Calcul de la force électromotrice efficace (non sinusoïdale) d'un alternateur (*H. Pécheux*) 204
Errata 344
La marche en parallèle des alternateurs. Détermination de la vitesse de résonance correspondant à un volant donné ou inversement (*W. Knigth*) ... 653
Note sur une nouvelle solution du problème de la régulation des groupes électrogènes (*L. Barbillion* et *P. Cayère*) 747, 787
Perfectionnements aux appareils de génération de courant et d'éclairage (*Harry-Randolphe van Deventer*) 280
Sur les machines magnéto-électriques. Magnétos d'allumage (*J. Bethenod*) 276
La magnéto à haute tension et son application aux moteurs d'aeroplanes (*A.-P. Young*) 648
Magnéto à bobine fixe et fer tournant de la Société Nilmelior 620
La magnéto française, par *L.-B. Fanor* (Bibliographie). 346
L'histoire technique des fréquences (*B.-G. Lamme*). 465
Note sur les pertes dans les tôles de fer aux fréquences élevées (*Marius Latour*) 539

Piles et accumulateurs. — Caractéristiques de petites piles sèches (*Burgess*) 73
Batteries à haute tension et faible intensité (*Franck Horton*) 560
L'industrie des accumulateurs électriques dans son état actuel (*L. Jumau*) 577

Transformation. — L'histoire des transformateurs (*L. Schüler*) 372
Sur l'utilité, au point de vue économique, de la substitution de transformateurs de grande puissance à un plus grand nombre de transformateurs de petite puissance 313
Quelques remarques sur le fonctionnement en parallèle des transformateurs statiques (*Charpentier*). 21
Etude sur les transformateurs de traction (*W. Kummer*). 328
Transformateurs pour sonneries (*E. Wirz*) 774
A propos de transformateurs de sonneries (*O. Loras*). 929
Influence de la résistance et de la réactance d'induit sur les tensions aux bornes d'une commutatrice (*S. Neuville*) 678
Sur la réaction d'induit dans les commutatrices (*G. Badey*) 163
Convertisseurs rotatifs de Siemens 148
Condensateur de la British Insulated and Helsby Cables Co 650

Transmission, Distribution. — GÉNÉRALITÉS. — Sur le théorème de la conservation de la puissance réactive (*Marius Latour*) 278
Puissance active et puissance réactive (*J.-B. Pomey*). 315
Propagation sur une ligne à circuit ouvert (*E. Brylinski*) 43
Phénomène de surtension dans un circuit dépourvu de self-induction en courant continu (*H. Chaumat*). 203
A propos des surtensions dans un circuit dépourvu de self-induction en courant continu (*J.-B. Pomey*) 346
Formules pratiques pour le calcul de la self-induction des conducteurs tubulaires (*H.-B. Dwight*) 798
La rigidité diélectrique apparente de la toile vernissée (*R.-J. Wiseman*) 395
Accroissement de pression dans le phénomène de couronnes (*Earl H. Warner*) 327
Lignes de transmission aériennes à haute tension (*G.-V. Twiss*) 106

Digitized by Google

Ligne de transmission artificielle de la « Telluride Power Company », de Provo, Utah (Etats-Unis) (*Georg.-H. Gray*) 829
Unification des tensions de distribution et de transmission 82, 162
L'uniformisation de la nature du courant, de la fréquence et des tensions dans les réseaux de distribution d'énergie électrique 745
L'uniformisation des tableaux de distribution 713
Etude des dispositions à employer pour améliorer le facteur de puissance dans les installations utilisant l'énergie fournie par les réseaux de distribution (*W.-C. Rechniewski*) 347
Sur l'amélioration du facteur de puissance d'une grande installation de distribution d'énergie électrique (*F. Scoumanne*) 281
Emploi de condensateurs au papier pour améliorer le facteur de puissance 81
Condensateurs pour circuits de distribution de force motrice de la British Insulated and Helsby Cables Co 650
Amélioration du facteur de puissance des réseaux par machines synchrones (*E. Poirson*) 859
Emploi des moteurs synchrones surexcités ou condensateurs synchrones pour l'amélioration du facteur de puissance 297, 348
Répulsions entre conducteurs en barres (*H.-B. Dwight*) 353
La commande à distance par les circuits fantômes *H.-H. Reeves*) 658
Installation de circuits fantômes pour éclairage rural 659
La réglementation des distributions d'énergie électrique en Allemagne 558
Le règlement des différends concernant les distributions d'énergie électrique. Le rôle du Comité d'électricité (*A.- Monmerqué*) 927

LIGNES, CANALISATIONS. — Les ondes vagabondes dans les canalisations aériennes et dans les câbles (*Ludwig Binder*) 936
Sur le calcul des réseaux de distribution (*A. Savino*) .. 613
Calcul des canalisations d'un réseau électrique (*M. Jacques*) 935
Calcul des circuits inductifs en dérivation (*H. Pécheux*) 891
Abaque pour le calcul de la résistance des conducteurs associés en parallèle (*A. Castex*) 424
Abaque pour faciliter le calcul des réseaux à courants alternatifs au moyen de la méthode de M. Boucherot (*A. Castex*) 821
Sur les abaques relatifs au calcul de la résistance des conducteurs associés en parallèle (*L. Zoretti* et *J. Bethenod*) 933
Courbes de chute de tension pour les lignes aériennes en fil de cuivre (*G.-N. Wright*) 375
La localisation des défauts dans les câbles souterrains (*L. Conge*) 409
Les raccordements de ligne (*Constantin Loebner*) ... 699
Dispositif de connexion rapide pour essais en cours de fonctionnement 34
Etayage de poteaux en espace limité (*H.-B. Sweeney*). 238
Construction d'une grue pour extrémité de poteaux de transmission (*H. Mantzel*) 586
Variation de la conductivité du mica avec la température (*H.-H. Poole*) 356
Méthodes étalons d'essai des isolants moulés 207
Isolateurs à double encastrement et isolateurs à disques 108

APPAREILLAGE. — Calcul des résistances de décharges (*J. Bethenod*) 573
Calcul de résistances de décharge (*Paul Girault*) 102
Régulateurs de tension pour feeders à courant alternatif (*Norman G. Meade*) 556
Batteries de condensateurs au papier étamé de la British Insulated and Helsby Cables Co 652
Relais pour lignes à haute tension (*Philippe Torchio*). 30
Un nouveau type de relais à déclanchement direct de la Société anonyme Brown-Boveri et Co 838
Relais pour pertes à la terre de la New-York Edison Company 33
Eclateurs à boules pour parafoudres (*V.-E. Goodwin*). 109
Râtelier pour fusibles de réserve 378
Appareil indicateur de la rotation de phase de construction facile (*E.-P. Peck*) 342
Les paratonnerres (*Ach. Delamarre*) 133
Dispositif pour empêcher les oiseaux de mettre les lignes à la terre (*E.-F. Johnson*) 74
Cornières spéciales pour la fixation du fil de terre dans les courbes 874

INSTALLATIONS INTÉRIEURES. — Règles pour le calcul pratique des canalisations intérieures (*P. Pichenot*) 112

USINES, SOUS-STATIONS, RÉSEAUX. — Les petites stations centrales 601
Les stations centrales de grande puissance (*L. Conge*). 905
Les usines hydro-électriques et la conservation des sites (*Henri Defert*) 593
Utilité de l'air comprimé dans les centrales. (*Charles-A. Hirschberg*) 659
Note sur une nouvelle solution du problème de la régulation des groupes électrogènes (*L. Barbillion* et *L. Cayère*) 747, 787
Les usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public, par *Paul Marcorelles* (Bibliographie) 4
Décret du 11 avril 1918 relatif à l'établissement d'usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public 670
Circulaire relative aux attributions du ministère de l'Agriculture et du ministère de l'Armement en ce qui concerne les usines hydro-électriques 384
L'électricité dans la région de Saint-Nazaire (*Jacques de Soucy*) 357

APPLICATIONS MÉCANIQUES

Moteurs électriques. — Moteurs asynchrones à grand facteur de puissance et à chute de vitesse réglable (*R.-V. Picou*) 459
Construction indirecte du diagramme rigoureux des moteurs à champ tournant (*V. Genkin*) 931
Comparaison des principaux genres de moteurs primaires au point de vue des frais d'exploitation (*Wans*) 916
Le démarrage automatique des moteurs électriques (*J. Soulier*) 273
Unification des bouts d'arbres des moteurs électriques 857
Note sur le calcul de l'énergie absorbée dans les rhéostats de démarrage en fonction des couples moteurs et résistants et de la durée de démarrage (*J. Saint-Germain*) 15
Rhéostat liquide de démarrage d'un moteur de monte-charges (*Fred. Dubreuil*) 154

Agriculture. — La situation actuelle de la culture mécanique en France (*Ach. Delamarre*) 661
A propos de l'article « les méthodes de labourage par treuils » 202

Guerre. — Les applications de l'électricité dans les camps américains (*Pierre Guieu*) 257

Marine. — L'électricité dans les constructions navales et à bord des bâtiments aux Etats-Unis ; analyse d'un article publié dans *Electrical Review*, Chicago, 7 juillet 1917, t. LXXI, p. 1-29 .....

Mines. — Sur les machines d'extraction à commande électrique (*F. Robin*). (Errata, p. 344) ... 6 5

Digitized by Google

Divers. — Les électro-aimants de levage (*J. Reyval*). 397
Electro-aimants Couffinhal 399
Electro-aimants Allen West 400
Electro-aimants de la Société l'Eclairage électrique. 404
Electro-aimants de la Compagnie générale électrique de Nancy 407
Frein magnétique Westinghouse pour ascenseurs... 260
Appareil automatique pour le graissage au départ (*Michell*) 839
Une application nouvelle de l'énergie électrique : le démarrage des automobiles 41
Démarreurs électriques pour automotrice à pétrole. 804
Sonneries électriques. — Transformateurs (*E. Wirz*). 774

TRACTION, LOCOMOTION

Généralités. — L'amélioration des moyens de transports par l'électrification (*de France*)..... 527
Un mot sur l'électrification des grands chemins de fer aux Etats-Unis d'Amérique (*J. Carlier*)..... 943
L'utilisation des tramways pour le transport des marchandises 777
Emploi de la tourbe en poudre comme combustible par les chemins de fer de l'État suédois..... 28
Les chemins de fer après la guerre (*Toulon*)..... 626
Le tunnel sous la Manche entre la France et l'Angleterre (*A. Moutier*)..... 665
Le nouveau cahier des charges type pour la concession des voies ferrées d'intérêt local..... 115, 157
Loi du 31 mars 1918 portant autorisation du relèvement temporaire des tarifs sur les grands réseaux de chemins de fer d'intérêt général..... 600
Décret du 11 novembre 1917 portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation de voies ferrées d'intérêt local et d'intérêt général..... 311
Décret du 27 novembre 1917 portant règlement d'administration publique pour l'exécution de l'article 47, 1° et 2°, de la loi du 31 juillet 1913, relative aux voies ferrées d'intérêt local..... 383
Décret du 17 décembre 1917 portant règlement d'administration publique sur les enquêtes, en matière de voies ferrées d'intérêt local..... 535
Décret du 22 décembre 1917 portant application à l'Algérie de la loi du 30 novembre 1916 autorisant l'approbation, par simple décret, des accords conclus entre les concessionnaires de voies ferrées d'intérêt local et l'autorité concédante pour la modification des contrats de concession..... 120
Décret du 8 janvier 1918 portant organisation des services chargés du contrôle des chemins de fer d'intérêt général et de l'étude des questions économiques et commerciales se rattachant à l'ensemble des voies de communication..... 712
Décret du 9 mai 1918 prorogeant la validité du décret du 9 mai 1912 déclarant d'utilité publique des travaux pour l'amélioration des installations de la gare Saint-Lazare et l'électrification des lignes de la petite banlieue (rive droite)..... 928
Arrêté du 11 décembre 1917 modifiant l'article 30 de l'arrêté du 27 octobre 1900, modifié et complété par les arrêtés des 28 février 1903 et 15 janvier 1917 relatif aux frais accessoires (stationnement du matériel des chemins de fer)..... 40
Electric Traction, par *A.-T. Dover* (Bibliographie).. 3

Matériel de voie. — Mode de fixation des lignes aériennes de traction électrique dans les tunnels. 686
Chariot de prise de courant des Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est pour tracteurs de halage..... 867
Etude sur les transformateurs de traction (*W. Kummer*)..... 328
Trempe sur place de la table de roulement des rails de tramways..... 948

Matériel roulant. — Le matériel roulant aux Etats-Unis d'Amérique (*J. Carlier*)..... 469
Comparaison entre la construction américaine et la construction européenne du matériel roulant... 485
Locomotives électriques Oerlikon de 2 500 chevaux. 689
Châssis de locomotive électrique du Pennsylvania.. 477
Locomotive à accumulateurs pour voies industrielles. 69
Automotrices métalliques du New-York Westchester and Boston Railway, du Philadephia-Paoli Railway et du Erie Railroad..... 479
Voitures et wagons métalliques utilisés sur différentes lignes des chemins de fer des Etats-Unis d'Amérique..... 471
Description des voitures du Pennsylvania Railroad.. 473

Installations. — Le chemin de fer Coire-Arosa.... 68
La traction électrique sur la section Spiez-Brigue du chemin de fer de Lœtschberg (*Lucien Pahin*). 683

Divers. — Halage électrique sur les canaux (*A. Tumerelle*)..... 865
Tracteurs électriques pour le halage sur les canaux des Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est (Jeumont) et de la Compagnie Thomson-Houston..... 868
Les tracteurs électriques dans les services municipaux (*Berlit*)..... 33

TÉLÉGRAPHIE, TÉLÉPHONIE

Généralités. — Les postes, télégraphes et téléphones aux Etats-Unis (*J.-B. Pomey*)..... 182
Sur les communications téléphoniques, télégraphiques, radiographiques et postales (*Emile Girardeau*)... 523
Emission de signaux par les centrales électriques, leur réception chez l'abonné (*Pierre Trichard*)... 725

Télégraphie. — The Theory of the Submarine Telegraph and Telephon Cable, par *H.-W. Malcolm* (Bibliographie)..... 2

Téléphonie. — Lignes téléphoniques en câbles aériens 911
Lignes artificielles (Téléphonie) (*J.-B. Pomey*)..... 123
Considérations générales sur les téléphones sur ligne télégraphique et description des appareils Castelli (*Regnoni*)..... 71
Les lignes téléphoniques aux Etats-Unis (*G. Valensi*). 909
Le téléphone aux Etats-Unis (*G. Valensi*)..... 232
Dispositif américain d'anti-induction pour lignes téléphoniques 910
Application des amplificateurs à l'exploitation téléphonique (*G. Valensi*)..... 512
Le nouveau sélecteur téléphonique de la Western Electric (*M.-A. Tobler*)..... 153
Modification autorisée aux appels magnétiques..... 537

Radiotélégraphie. — Sur la théorie de l'excitation par choc d'un circuit oscillant (*J. Bethenod*)..... 712
Les mouvements vibratoires des systèmes couplés démontrés quantitativement par des expériences simples (*Edwin-H. Barton* et *Miss H.-M. Browning*)..... 894
Sur l'application de la formule d'Austin-Cohen à la résolution de quelques problèmes importants de la technique des radio-communications (*Léon Bouthillon*) 419
A propos de la formule d'Austin-Cohen relative à la radiotélégraphie (*J. Bethenod*)..... 786
Le système de télégraphie sans fil de l'administration des P. T. T. (*J.-B. Pomey*)..... 675

Digitized by Google

Relations internes dans les récepteurs radiotélégraphiques du type audion (*Ralph. Bown*) 60
Notes sur l'audion (*L.-W. Austin*)..... 72
Sur l'emploi du tikker de réception utilisé en télégraphie sans fil comme appareil pratique susceptible de remplacer un galvanomètre pour les mesures industrielles..... 723
Décret du 15 décembre 1917 instituant une Commission chargée d'examiner les questions d'ordre général se rapportant à l'exploitation de la télégraphie sans fil et de préparer les dispositions législatives ou administratives propres à réaliser l'organisation rationnelle du service radiotélégraphique..... 200

APPLICATIONS THERMIQUES

Chauffage. — Les avantages de la cuisine électrique pour les abonnés et pour les secteurs..... 110
Dispositifs expérimentaux pour la production électrothermique des hautes températures : fours électriques de laboratoire pour analyses et recherches (*Jean Escard*)..... 545
Four à fil de nickelo-chrome..... 546
Four de fusion Clerc-Minet..... 548
Petit four à arc vertical pour expériences de fusion et de réduction au laboratoire..... 549
Four à arc triphasé, système Billon-Daguerre..... 550
Four à résistance Tammam..... 553
Four électrique, système Poulenc, à lame de platine..... 547
Schéma d'un four à arc pour réactions gazeuses.... 550
Four Frilley pour essais métallurgiques..... 551
Creuset de fusion système Girod..... 553

Soudure. — La soudure électrique et son état actuel (*Jean Guerner*)..... 173

Allumage. — Sur les machines magnéto-électriques. Magnétos d'allumage (*J. Bethenod*)..... 276
La magnéto à haute tension et son application aux moteurs d'aéroplanes (*A.-P. Young*)..... 618
Magnéto à bobine fixe et fer tournant de la Société Nilmelior..... 620
La magnéto française, par *L.-B. Fanor* (Bibliographie)..... 346

ÉCLAIRAGE

Généralités. — Lumens contre bougies (*H. Armagnat*)..... 603
Evolution de la projection de la lumière (*C.-A.-B. Halvorsen Jr et R.-B. Hussey*)..... 355
La commande à distance de l'éclairage, par les circuits fantômes (*H.-H. Reeves*)..... 658
Que faut-il entendre par l'emploi accessoire du courant pour la lumière dans les locaux industriels (*Paul Bougault*)..... 853
Arrêté du 13 décembre 1917 abrogeant, en ce qui concerne les charbons pour l'électricité, les dispositions de l'arrêté du 24 février 1915 relatif à des dérogations aux prohibitions de sortie... 200
Comité national français de l'Eclairage..... 498

Lampes à incandescence. — Rayonnement des filaments de tungstène droits et hélicoïdaux (*W.-W. Coblentz*)..... 720
Lampes portatives à magnéto..... 161
Prescriptions suisses concernant la livraison et les essais des lampes à incandescence..... 104

ÉLECTROCHIMIE, ÉLECTROMETALLURGIE

Généralités. — L'électrochimie et l'électrométallurgie, par *Albert Levasseur* (Bibliographie)..... 572

Électrochimie. — L'industrie des produits azotés de 1912 à 1916 (*Helen R. Hosmer*)..... 376
Récupération par électrolyse du cuivre des bains de décapage..... 778
Un progrès important dans la technique de la galvanisation..... 154

Électrométallurgie. — L'alimentation des fours électrométallurgiques monophasés par les systèmes de distribution triphasés (*E. Pierret*).... 732

ÉLECTRICITÉ MÉDICALE

Actions physiologiques et dangers des courants électriques, par *J. Rodet* (Bibliographie)..... 162
Repérage de corps étrangers par la radioscopie (*A. Bordrionnet*)..... 464
Précis de Radiodiagnostic, par *F. Jaugeas* (Bibliographie)..... 572

APPLICATIONS DIVERSES

La purification électrique des gaz (*J. Saget*)..... 227
Production électrique de la pluie..... 209

MESURES ET ESSAIS

Généralités. — Les laboratoires de machines et de mécanique générale (*Boyer-Guillon*)..... 567

Mesures et essais électriques. — La vérification des instruments de mesure (*J. Conti*)..... 567
Mesure des pertes diélectriques des isolants (*C.-E. Skinner*)..... 319
Méthodes étalons d'essai des isolants moulés..... 207
Dispositif de connexion rapide pour essais en cours de fonctionnement..... 34
Instruments de mesure du courant à loi de déviation parabolique (*Wertheim Salomonson*)..... 59
Calcul des résistances de décharge (*J. Bethenod*).... 573
Sur l'emploi du tikker de réception usilisé en télégraphie sans fil comme appareil pratique susceptible de remplacer un galvanomètre pour les mesures industrielles..... 723
Application du galvanomètre à cadre mobile à la mesure de la viscosité des fluides (*A. Guillet*).. 938
Sur les compteurs à tarification complexe (*Iliovici*). 349
La tarification de l'énergie électrique eu égard au cos φ de l'abonné (*V. Genkin*)..... 274
Arrêté du 10 novembre 1917 fixant le tarif des opérations effectuées par le Bureau de contrôle et d'Essais électrotechniques de l'Université de Toulouse..... 855

Photométrie. — Lumens contre bougies (*H. Armagnat*)..... 603

Divers. — Appareils et instruments de précision pour la production des pièces mécaniques interchangeables (*Ch. Marre*)..... 561
Appareils et instruments de précision (*L. Ancel*).... 568
Résultats des essais au frein d'une nouvelle turbine hydraulique à grande vitesse, de la maison Escher-Wyss et Cie (Zurich, Suisse) (*J. Reyval*). 799
Prescriptions suisses concernant la livraison et les essais des lampes à incandescence..... 104
Sur la mesure de la viscosité des huiles (*C. Chéneveau*)..... 777
Essais sur l'aluminium..... 823
Jauges à vide du type radiométrique (*R.-G. Sherwood*) 828
Conditions et essais de réception des métaux, par *Georges Charpy* (Bibliographie)..... 314

Digitized by Google

Economie sociale, industrielle, financière, etc.

GENERALITES

Outillage économique. — Sur l'utilisation des ports de commerce (*Jean Hersent*)..... 595, 665
Les ports francs (*Paul Govare*)..... 848
Sur les moyens propres à developper l'emploi des moteurs à combustion interne dans la marine marchande (*Lumet*)..... 592
L'intérêt de la création d'un réseau de grande navigation intérieure en France (*Ed. Imbeaux*)..... 592
Sur le reseau de la navigation intérieure en France (*colonel Espitallier*)..... 592
Sur la transformation nécessaire du reseau routier français (*Georges Dumont*)..... 665
Sur les moyens propres à faciliter la création des embranchements particuliers plus que jamais indispensables pour l'expansion industrielle en presence de la penurie de main-d'œuvre (*Albert Henry*) 594
Loi du 31 mars 1918 portant autorisation du relèvement temporaire des tarifs sur les grands réseaux de chemins de fer d'intérêt général..... 600
Décret du 11 novembre 1917 portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation de voies ferrées d'intérêt local et d'intérêt général..... 311
Décret du 27 novembre 1917 portant règlement d'administration publique pour l'exécution de l'article 47, 1° et 2°, de la loi du 31 juillet 1913, relative aux voies ferrées d'interêt local..... 383
Décret du 17 décembre 1917 portant règlement d'administration publique sur les enquêtes en matière de voies ferrées d'interêt local..... 535
Décret du 22 décembre 1917 portant application à l'Algérie de la loi du 30 novembre 1916 autorisant l'approbation par simple décret des accords conclus entre les concessionnaires de voies ferrées d'intérêt local et l'autorité concédante pour la modification des contrats de concession..... 120
Décret du 8 janvier 1918 portant organisation des services chargés du contrôle des chemins de fer d'intérêt général et de l'étude des questions économiques et commerciales se rattachant à l'ensemble des voies de communication..... 712
Arrêté du 11 decembre 1917 relatif aux frais de stationnement du matériel des chemins de fer..... 40
Le nouveau cahier des charges type pour la concession des voies ferrées d'intérêt local..... 115, 157

Divers. — Le concours que les œuvres d'initiative privée peuvent apporter aux pouvoirs publics (*Ch. Compère*)..... 849
Les questions économiques et la presse quotidienne en Allemagne..... 416

RICHESSES NATURELLES, PROPRIÉTÉ

Richesses naturelles. — Sur l'utilisation des forces naturelles pour la production de l'energie électrique (*Jean Rey*)..... 493
Le bassin houiller des Alpes françaises (*Gabriel A. Maillet*)..... 841
L'exploitation des lignites en France..... 193
Projets concernant l'utilisation économique du charbon, la production et la distribution électrique en Grande-Bretagne (*J. Péridier* et *O. Steels*) 427
Sur l'utilisation des forces et des produits de la mer (*Joubin*)..... 592
L'inventaire des minerais de fer armoricains (*L. Cayeux*)..... 961

Propriété immobilière et mobilière. — Projet de mobilisation du crédit de la propriete foncière par le moyen de l'obligation hypothecaire au porteur plus connue sous le nom de « grosse au porteur » (*Adolphe de Pianelli*)..... 779
Les saisies et les ventes effectuees en pays ennemis dans les territoires occupes par l'ennemi et en Alsace-Lorraine..... 119
Les mesures à prendre pour la reconstitution des régions dévastees par la guerre (*Charles Letrosne*). 628
Sur le projet de loi assurant la réparation des dommages subis par les victimes civiles des accidents causés par la guerre ou consécutifs à la guerre (*F. Mainié*)..... 850
Décret du 23 janvier 1918 et arrêté du 24 janvier 1918 fixant l'organisation des services du ministère du Blocus et des Régions libérees..... 536
Décrets du 16 fevrier 1918 modifiant le décret du 10 août 1917 réglant la composition et les conditions de fonctionnement de l'Office de reconstitution industrielle des départements victimes de l'invasion et nommant les membres de cet Office..... 383
Arrêté du 15 novembre 1917 prorogeant jusqu'au 1er fevrier 1918 le délai pour la declaration des biens et intérêts en pays ennemis et occupes.... 40
Sur une modification de la loi du 30 janvier 1907 relative aux émissions des valeurs mobilières (*Maurice Bellom*)..... 851

Propriété industrielle. — Les marques de fabrique en Suisse (*Edg. Mercinier*)..... 240
La protection des marques collectives (*F. Mainié*).. 780
Les indications d'origine sur les marchandises étrangères (*A. Vaunois*)..... 781
La legislation relative aux brevets d'invention (*Bourdil*)..... 809

TRAVAIL, TRAVAILLEURS

Le Travail et le Capital aux Etats-Unis..... 705
Le Travail et le Capital en Grande-Bretagne..... 875
Rapports Whitley sur l'organisation des relations entre le Capital et le Travail..... 876
Sur la mise en pratique des nouvelles méthodes de travail (*Ch. de Fréminville*)..... 884
L'organisation, l'enseignement et la vulgarisation des nouvelles méthodes de travail ; sur la remuneration du travail et sur le contrat du travail (*A. Villemin*)..... 737
Système de tarification des salaires (*L. Conge*)..... 949
La main-d'œuvre étrangère en France (*B. Nogaro*). 952
La fatigue industrielle et le rendement de la main-d'œuvre dans les pays de l'Entente..... 457
Les accidents du travail pendant la guerre, par *Jean Jadé* (Bibliographie)..... 4
La prevoyance sociale dans les mines et la métallurgie (*François Villain*)..... 950
L'instruction et l'éducation professionnelle de l'ouvrier (*Lucien Douane*)..... 703
Loi du 2 décembre 1917 modifiant la loi du 17 juin 1913 sur le repos des femmes en couches..... 200

INDUSTRIE

La représentation des industriels à l'Académie des Sciences..... 241
L'organisation industrielle (*R. Legouez*)..... 447
L'organisation en France d'offices de documentation (*Général Sébert*)..... 885

Digitized by Google

L'industrie et la publicité (*Rémond Clémang*)..... 886
Des transports aériens pour la manutention des matières premières dans l'industrie (*F. Séba*)... 329
Ententes industrielles et leur organisation en syndicats coopératifs (*E. Barbet, V. Cambon* et *F. Mainié*)..... 883
Les unions d'achats et de vente en Allemagne..... 416
L'industrie de l'acier en France : simple exposé technique et industriel, par *Tribot-Laspière* (Bibliographie)..... 642
Les industries métallurgiques à l'avant-guerre ; leur avenir ; économie ; organisation ; enseignement, par *Léon Guillet* (Bibliographie)..... 890
La revision de la législation des établissements dangereux, insalubres et incommodes (*Navarre*). 39
Décrets du 16 février 1918 concernant l'Office de reconstitution industrielle des départements victimes de l'invasion..... 383

COMMERCE

Le problème commercial dans l'industrie, par le *commandant Hourst* (Bibliographie)..... 602
Le problème de l'exportation, par *Maurice Ajam* (Bibliographie)..... 858
Proposition de loi ayant pour objet d'organiser rationnellement le commerce d'exportation et de modifier la loi du 4 mars 1918 sur l'Office national du Commerce extérieur..... 671
Les unions d'achat et de vente en Allemagne..... 416
Le timbre des effets de commerce..... 458
Développement commercial des industries techniques en Chine (*S.-W.-B. Mc Gregor*)..... 741
La convention entre la Suisse et l'Allemagne..... 80
La loi du 21 janvier 1918 relative aux marchés et aux contrats commerciaux conclus avant la guerre (*Paul Bougault*)..... 379
Décret du 31 janvier 1918 portant règlement d'administration publique en exécution de la loi du 13 mars 1917, relative à l'organisation du crédit au petit et au moyen commerce, à la petite et à la moyenne industrie..... 312

FINANCES

La Banque (*Raphaël-Georges Lévy*)..... 886
Projet de mobilisation du crédit de la propriété foncière par le moyen de l'obligation hypothécaire au porteur (*Adolphe de Pianelli*)..... 779
L'organisation du crédit industriel et la mobilisation de la propriété foncière (*A. de Pianelli*)..... 885
Rapports et notes de la Mission économique et financière en Russie..... 42
Sur une modification de la loi du 30 janvier 1907 relative aux émissions des valeurs mobilières (*Maurice Bellom*)..... 851
Précis élémentaire de Législation financière, par *M. Moye* (Bibliographie)..... 274

IMPOTS, DOUANES, ASSURANCES

La loi de finances du 31 décembre 1917 et ses innovations fiscales (*Paul Bougault*)..... 195
Les taxes établies par les articles 19 à 38 de la loi du 31 décembre 1917..... 639
Le rapport de la commission chargée de la fixation des coefficients relatifs à l'impôt cédulaire sur le revenu (*Paul Bougault*)..... 531
Les impôts cédulaires et l'impôt global sur les revenus, par *F.-J. Combat* (Bibliographie)..... 858
Les coefficients applicables aux chiffres d'affaires pour l'établissement de l'impôt cédulaire sur les bénéfices industriels et commerciaux..... 633
Les impôts sur le capital, par *François Poger* (Bibliographie)..... 786
Le timbre des effets de commerce..... 458
Décret du 7 octobre 1917 suspendant pendant la durée de la guerre, pour la fixation des frais accessoires, les formalités de l'instruction préalable à l'autorisation de prix nouveaux..... 40

ENSEIGNEMENT, ÉDUCATION, APPRENTISSAGE

L'enseignement technique secondaire (*Léon Eyrolles*). 885
La formation de l'ingénieur-électricien aux Etats-Unis (*Etienne Flager*)..... 587, 621
La formation des ingénieurs, par *Max Leclerc* (Bibliographie)..... 890
Sur la formation des ingénieurs-électriciens (*M. Chenaille*)..... 307
La période de transition pour la formation des ingénieurs et techniciens (*colonel Espitallier*).... 886
Les moyens de développer plus rapidement l'expérience des futurs ingénieurs (*B. Guillery*)..... 563
Le développement à donner à l'enseignement de la mécanique (*Rateau*)..... 565
Proposition tendant à la création par les constructeurs et fabricants mécaniciens d'un « Institut français de Mécanique appliquée » (*L. Androuet*)..... 563
L'instruction et l'éducation professionnelle de l'ouvrier (*Lucien Douane*)..... 703
Formule à proposer pour la réforme du régime institué par la loi du 30 mars 1900, concernant l'apprentissage (*Maurice Bellom*)..... 780

Législation, Réglementation, Jurisprudence

GÉNÉRALITÉS

Que faut-il entendre par l'emploi accessoire du courant pour la lumière dans les locaux industriels (*Paul Bougault*)..... 853
Le nouveau cahier des charges type pour la concession des voies ferrées d'intérêt local..... 115, 157
La revision de la législation des établissements dangereux, insalubres et incommodes (*Navarre*). 39
La législation relative aux brevets d'invention (*Bourdil*)..... 809
La loi de finances du 31 décembre 1917 et ses innovations fiscales (*Paul Bougault*)..... 195
Les saisies et les ventes effectuées en pays ennemis, dans les territoires occupés par l'ennemi et en Alsace-Lorraine..... 119
Sur une modification de la loi du 30 janvier 1907 relative aux émissions des valeurs mobilières (*Maurice Bellom*)..... 851
La loi du 21 janvier 1918 relative aux marchés et autres contrats commerciaux conclus avant la guerre (*Paul Bougault*)..... 379
Un projet de loi sur les distributions d'énergie en Autriche (*G. Tochon*)..... 599

LOIS, DÉCRETS, ARRÊTÉS, ETC...

Lois. — Loi du 2 décembre 1917 modifiant la loi du 17 juin 1913 sur le repos des femmes en couches. 260
Loi du 31 mars 1918 portant autorisation du relèvement temporaire des tarifs sur les grands réseaux de chemins de fer d'intérêt général..... 600

Digitized by Google

Projets de loi. — Sur le projet de loi assurant la réparation des dommages subis par les victimes civiles des accidents causés par la guerre ou consécutifs à la guerre (*F. Mainié*)..... 850

Propositions de loi. — Proposition de loi ayant pour objet d'organiser rationnellement le commerce d'exportation et de modifier la loi du 4 mars 1918 sur l'Office national du commerce extérieur..... 671

Décrets. — Décret du 7 octobre 1917 suspendant, pendant la durée de la guerre, pour la fixation des frais accessoires, les formalités de l'instruction préalable à l'autorisation de prix nouveaux. 40
Décret du 11 novembre 1917 portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation de voies ferrées d'intérêt local et d'intérêt général 311
Décret du 27 novembre 1917 portant règlement d'administration publique pour l'exécution de l'article 47, 1° et 2°, de la loi du 31 juillet 1913, relative aux voies ferrées d'intérêt local..... 383
Décret du 15 décembre 1917 instituant une Commission chargée d'examiner les questions d'ordre général se rapportant à l'exploitation de la télégraphie sans fil et de préparer les dispositions législatives ou administratives propres à réaliser l'organisation rationnelle du service radiotélégraphique..... 200
Décret du 17 décembre 1917 portant règlement d'administration publique sur les enquêtes, en matière de voies ferrées d'intérêt local..... 535
Décret du 22 décembre 1917 portant application à l'Algérie de la loi du 30 novembre 1916 autorisant l'approbation, par simple décret, des accords conclus entre les concessionnaires de voies ferrées d'intérêt local et l'autorité concédante pour la modification des contrats de concession..... 120
Décret du 8 janvier 1918 portant organisation des services chargés du contrôle des chemins de fer d'intérêt général et de l'étude des questions économiques et commerciales se rattachant à l'ensemble des voies de communication..... 712
Décret du 23 janvier 1918, portant création, à l'Académie des Sciences, d'une division ayant pour titre « Application de la Science à l'Industrie »..... 200
Décret du 23 janvier 1918 fixant l'organisation des services du ministère du Blocus et des Régions libérées..... 536
Décret du 31 janvier 1918 portant règlement d'administration publique en exécution de la loi du 13 mars 1917, relative à l'organisation du crédit au petit et au moyen commerce, à la petite et à la moyenne industrie..... 312
Décrets du 16 février 1918 modifiant le décret du 10 août 1917 réglant la composition et les conditions de fonctionnement de l'Office de reconstitution industrielle des départements victimes de l'invasion et nommant les membres de cet Office. 383
Décret du 11 avril 1918 relatif à l'établissement d'usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public..... 670
Décret du 9 mai 1918 prorogeant la validité du décret du 9 mai 1912 déclarant d'utilité publique des travaux pour l'amélioration des installations de la gare Saint-Lazare et l'électrification des lignes de la petite banlieue (rive droite) 928

Arrêtés. — Arrêté du 10 novembre 1917 fixant le tarif des opérations effectuées par le Bureau de Contrôle et d'essais électrotechniques de l'Université de Toulouse..... 855
Arrêté du 15 novembre 1917 prorogeant jusqu'au 1er février 1918 le délai pour la déclaration des biens et intérêts en pays ennemis et occupés.... 40
Arrêté du 11 décembre 1917 modifiant l'article 30 de l'arrêté du 27 octobre 1900, modifié et complété par les arrêtés des 28 février 1903 et 15 janvier 1917 relatif aux frais accessoires (Stationnement du matériel des chemins de fer)..... 40
Arrêté du 13 décembre 1917 abrogeant, en ce qui concerne les charbons pour l'électricité, les dispositions de l'arrêté du 24 février 1915 relatif à des dérogations aux prohibitions de sortie.... 200
Arrêté du 24 janvier 1918 fixant organisation des services du ministère du Blocus et des Régions libérées..... 536
Arrêté du 5 avril 1918 fixant la composition de la Commission technique de la télégraphie sans fil 855

Circulaires. — Circulaire relative aux attributions du ministère de l'Agriculture et du ministère de l'Armement en ce qui concerne les usines hydro-électriques..... 384
La procédure d'instruction des demandes de concessions sur le domaine public (*G. Tochon*)..... 667

Divers

SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

Académie des Sciences. — Les prix de l'Académie des Sciences pour 1917..... 17
Décret portant création à l'Académie des Sciences d'une division ayant pour titre « Application de la Science à l'Industrie »..... 200
Élection à l'Académie des Sciences..... 498
Recommandations au sujet du langage scientifique moderne..... 385
Sur le choix du sens positif des rotations (*L. Lecornu*). 864
Sur le coup de bélier dans une conduite forcée à paroi d'épaisseur variable dans le cas d'une fermeture progressive (*Comte de Sparre*)..... 351
Sur les mouvements de l'eau dans les cheminées d'équilibre. Conduites fermées aux deux extrémités. Accumulateurs et pare-chocs (*Denis Eydoux*) 645
Diagramme entropique du pétrole (*J. Rey*)..... 796
Erratum 928
Sur les propriétés réfractaires de la silice (*H. Le Chatelier* et *B. Bogitch*)..... 19
La fabrication des briques de silice (*H. Le Chatelier* et *B. Bogitch*)..... 259
Phénomène de surtension dans un circuit dépourvu de self-induction, en courant continu (*H. Chaumat*)..... 203
Sur un nouveau phénomène magnéto-calorique (*Pierre Weiss* et *Auguste Piccard*)..... 426
Séance du 31 décembre 1917 : Sur la nécessité d'améliorer l'équation d'état de Clausius (*E. Ariès*). — Mesure directe de l'angle de décalage intérieur d'un alternateur et de la torsance (réactance transversale (*A. Blondel*). — Complément à la théorie de M. Blondel sur la réaction d'induit des alternateurs (*A. Léauté*)..... 42
Séance du 28 janvier 1918 : Sur la détermination expérimentale et les applications du vecteur représentant les effets directs d'armature et des

Digitized by Google

fuites dans les alternateurs (*A. Blondel*). — Sur le coup de bélier dans une conduite forcée à parois d'épaisseur variable dans le cas d'une fermeture progressive (*Comte de Sparre*). — Valeur des éléments magnétiques à l'observatoire du Val-Joyeux au 1er janvier 1918 (*Ch. Dufour*). — Perturbations de la déclinaison magnétique à Lyon (*Saint-Genis-Laval*) pendant le troisième trimestre 1917 (*Ph. Flajolet*) 202

Séance du 25 février 1918 : Détermination graphique des inductances totales directe et transversale des alternateurs au moyen des caractéristiques partielles, calculées ou relevées (*A. Blondel*). — Sur un nouveau phénomène magnétocalorique *Pierre Weiss* et *Auguste Piccard*). — Sur le rôle que l'électricité industrielle pourrait jouer en agriculture (*Joseph Costa*) 346

Séance du 4 mars 1918 : Diagramme entropique du pétrole (*Jean Rey*). — Sur les propriétés magnétiques du manganèse et de quelques aciers spéciaux au manganèse (*C. Chéneveau* et *Ch. Géneau*). 356

Séance du 29 avril 1918 : Sur la résistance de l'étincelle électrique (*F. Beaulard de Lenaizan*). — Etat magnétique de quelques terres cuites préhistoriques (*P.-C. Mercanton*). — Détermination des vitesses de refroidissement nécessaires pour réaliser la trempe des aciers au carbone (*P. Chevenard*) 674

Comité électrotechnique français. — Essais sur l'aluminium 823

Séance du 6 décembre 1917 59

Séance du 24 janvier 1918 279

Séance du 14 février 1918 ..... 714, 720

Comité national français de l'Éclairage. — Séance du 18 avril de la Commission scientifique 674

Comité technique de la Société hydrotechnique de France. — Séance du 3 janvier 1918 602

Société de Chimie industrielle. — Séance du 14 mars 1918 : L'organisation économique et la production industrielle (*Masse*). — La synthèse de l'ammoniaque avant Haber (*Matignon*) 314

Séance d'inauguration des travaux du samedi 16 mars 1918 418

Séance du 29 avril 1918 : Le grès dans l'industrie chimique (*Granger*). — Les groupements industriels et l'amélioration des rendements dans la grande industrie 674

Séance du 27 mai : Lecture du rapport de la Commission d'étude de la législation des brevets... 820

Société française de physique. — Sur la mesure de la viscosité des huiles (*C. Chéneveau*) 777

Application du galvanomètre à cadre mobile à la mesure de la viscosité des liquides (*A. Guillet*).. 938

Sur l'emploi du tikker de réception utilisé en télégraphie sans fil comme appareil pratique susceptible de remplacer un galvanomètre pour les mesures industrielles 723

Le phénomène magnétocalorique (*Pierre Weiss* et *Auguste Piccard*) 714

Séance du 1er février 1918 : Appareil permettant d'éviter tout calcul pour la localisation radioscopique d'un corps étranger dans l'organisme (*G.-H. Niewenglowski*). — Compas localisateur pour la détermination exacte de la profondeur des projectiles et leur recherche opératoire (*Nemirovsky*). — Minimum de puissance perceptible virtuellement (*H. Buisson*) 202

Séance du 15 mars 1918 : Sur l'emploi du tikker de réception utilisé en télégraphie sans fil comme appareil pratique susceptible de remplacer un galvanomètre pour les mesures industrielles (*Gondet*) 417

Séance du 3 mai 1918 : Le phénomène magnétocalorique (*Pierre Weiss* et *Auguste Piccard*). — Induction et viscosité des fluides (*A. Guillet*) 714

Séance du 7 juin 1918 : L'instabilité moléculaire dans les phénomènes de magnétostriction (*Hurmuzes u*) 930

Société internationale des Électriciens. — Assemblée générale annuelle 538

Note sur les pertes dans les tôles aux fréquences élevées (*Marius Latour*) 539

Sur les propriétés magnétiques du manganèse et de quelques aciers spéciaux au manganèse (*R. Hadfield, C. Chéneveau* et *Ch. Géneau*).. 468, 571

Etude des dispositions à employer pour améliorer le facteur de puissance dans les installations utilisant l'énergie fournie par les réseaux de distribution (*W.-C. Rechniewski*) 349

Séance du 3 janvier 1918 : La dépolarisation par l'air et le rôle du charbon comme catalyseur (*Ch. Féry*). — Dispositions à employer pour améliorer le facteur de puissance dans les installations utilisant l'énergie fournie par les réseaux de distribution (*W.-C. Rechniewski*) 42

Séance du 7 février 1918 : Influence du déphasage sur la puissance électrique fournie au réseau de distribution (*Léauté*). — Sur le réseau de retour des tramways (*Guéry*) 242

Séance du 14 mars 1918 : Sur l'influence des variations journalières de la fréquence sur les indications des compteurs d'induction (*A. Durand*). — Les pertes dans les tôles aux fréquences élevées (*Marius Latour*). — Les isolateurs métalliques (*Neu*) 417

Séance mensuelle du 4 avril 1918 : Contribution à l'étude des propriétés magnétiques du manganèse et de quelques aciers spéciaux au manganèse (*C. Chéneveau* et *Ch. Géneau*) 571

Séance du 2 mai 1918 : Etat actuel de la fabrication des lampes à incandescence (*A. Larnaude*). — Etude de quelques modes de tarification de l'énergie électrique dans lesquels le prix du kilowatt-heure dépend du cos φ des installations. Compteurs et wattmètres spéciaux (*Illiovici*).. 713

Séance du 6 juin 1918 : La machine asynchrone (*Marius Latour*). — Analyse d'une courbe périodique (*Henri Weiss*) 858

American Institute of Electrical Engineers. — L'effet des circonstances de guerre sur le prix de revient et la qualité du service électrique (*L.-S. Goodmann* et *W.-B. Jackson*) 805

Ligne de transmission artificielle de la « Telluride Power Company », de Provo, Utah (Etats-Unis) (*George H. Gray*) 829

L'histoire technique des fréquences (*B.-G. Lamme*). 465

Illuminating Engineering Society. — Evolution de la projection de la lumière 355

SOCIÉTÉS PROFESSIONNELLES

Chambre syndicale des Constructeurs de gros matériel électrique. — Unification des vitesses angulaires des turbines commandant des alternateurs 808

Bureau de contrôle et d'Essais électrotechniques de l'Université de Toulouse — Arrêté du 10 novembre 1917 fixant le tarif des opérations effectuées par ce Bureau 855

Association suisse pour l'achat des lampes. — Prescriptions suisses concernant la livraison et les essais des lampes à incandescence 104

Digitized by Google

SOCIÉTÉS INDUSTRIELLES, COMMERCIALES, FINANCIÈRES

Appareillage électrique Grivolas. — Assemblée générale extraordinaire du 1er mars 1918..... 456

Ateliers de constructions du Nord et de l'Est. — (**Jeumont**). — Assemblée générale extraordinaire du 14 janvier 1918..... 156

Banque Française pour le Commerce et l'Industrie. — Assemblée générale ordinaire du 21 décembre 1917..... 38

Banque nationale de Crédit. — Assemblée générale ordinaire du 14 mai 1918..... 888

Compagnie électrique de Menton. — Assemblée générale ordinaire du 4 décembre 1917..... 113

Compagnie générale d'électricité. — Assemblées générales extraordinaires des 15 février et 20 décembre 1917..... 308

Compagnie générale de Travaux d'Éclairage et de Force. — Assemblée générale ordinaire du 29 avril 1918..... 852

Compagnie parisienne de l'Air comprimé. — Assemblée générale ordinaire du 19 décembre 1917. 155

Compagnie des Cables télégraphiques. — Assemblée générale extraordinaire du 30 avril 1918... 707

Compagnie Centrale d'Éclairage par le Gaz (Lebon et Cie). — Assemblée générale ordinaire du 26 mars 1918..... 744

Compagnie centrale d'Électricité et de Transport de force par l'Électricité (Cie d'Électricité de Limoges). — Assemblée générale ordinaire du 25 avril 1918..... 816

Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — Assemblée générale extraordinaire du 15 avril 1918..... 743

Compagnie française des Tramways électriques et Omnibus de Bordeaux. — Assemblée générale ordinaire du 18 avril 1918..... 888

Compagnie des Chemins de fer nogentais. — Assemblée générale ordinaire du 18 avril 1918.. 783

Compagnie des Tramways de Nice et du Littoral. — Assemblée générale ordinaire du 21 mars 1918..... 784

Compagnie des Tramways de l'Ouest-Parisien. — Assemblée générale ordinaire du 9 mars 1918. 707

Compagnie des Tramways de Tunis. — Assemblée générale ordinaire du 21 mars 1918..... 815

Compagnie pour la fabrication des Compteurs et Appareils d'usines à gaz. — Assemblée générale extraordinaire du 28 décembre 1917..... 114

Compagnie l'Union des Gaz. — Assemblée générale ordinaire du 8 janvier 1918..... 744

Comptoir national d'Escompte de Paris. Assemblée générale ordinaire du 18 avril 1918.. 708

Crédit Commercial de France. — Assemblée générale ordinaire du 22 mars 1918..... 632

Électricité et Gaz du Nord. — Assemblée générale ordinaire du 26 mars 1918..... 816

Énergie électrique de la Basse-Loire. — Assemblée générale extraordinaire du 8 janvier 1918.. 156

Est-Lumière. — Assemblée générale ordinaire du 29 décembre 1917..... 239

Établissements Paz et Silva. — Assemblée générale ordinaire du 12 décembre 1917..... 239

Forges et Ateliers de la Longueville. — Assemblée générale ordinaire du 26 mars 1918..... 597

Fusion des Gaz. — Assemblées générales, ordinaire et extraordinaire, du 5 avril 1918..... 887

L'Éclairage électrique. — Assemblée générale extraordinaire du 15 avril 1918..... 743

Les Exploitations électriques. — Assemblée générale ordinaire du 22 janvier 1918..... 343

Omnium Français d'Électricité. — Assemblée générale ordinaire du 6 décembre 1917..... 80

Omnium Lyonnais des Chemins de fer et Tramways. — Assemblée générale ordinaire du 26 novembre 1917..... 79

Oxhydrique française. — Assemblée générale ordinaire du 15 décembre 1917..... 239

Revue générale de l'Électricité. — Assemblée générale ordinaire du 6 mai 1918..... 955

Schneider et Cie. — Assemblée générale ordinaire du 30 novembre 1917..... 239

Société anonyme des Forces motrices de la Garonne. — Assemblées générales, ordinaire et extraordinaire, du 5 mars 1918..... 743

Société anonyme électrochimique du Giffre. — Assemblées générales, ordinaire et extraordinaire, du 25 avril 1918..... 956

Société anonyme Westinghouse. — Assemblée générale extraordinaire et assemblées spéciales du 12 novembre 1917..... 415

Société avignonnaise de l'Electricité. — Assemblée générale ordinaire du 29 mars 1918..... 597

Société d'Applications industrielles. — Assemblée générale ordinaire du 28 novembre 1917... 415

Société d'éclairage électrique de Bordeaux et du Midi. — Assemblée générale ordinaire du 3 décembre 1917..... 632

Société d'Électricité de Paris. — Assemblée générale ordinaire du 4 décembre 1917..... 155

Société des Chemins de fer et Tramways du Var et du Gard. — Assemblée générale ordinaire du 21 mars 1918..... 631

Société des Forces motrices de la Loire. — Assemblée générale ordinaire du 20 février 1918..... 666

Société électrométallurgique française (Froges). — Assemblée générale extraordinaire du 16 avril 1918..... 887

Société générale de Forces motrices et d'Éclairage de la ville de Grenoble. — Assemblée générale ordinaire du 30 avril 1918..... 852

Société générale pour favoriser le développement du Commerce et de l'Industrie en France. — Assemblée générale ordinaire du 25 mars 1918. 598

Société hydro-électrique de la Haute-Bourne. — Assemblée générale ordinaire du 5 mars 1918. 956

Société industrielle des Téléphones. — Assemblée générale ordinaire du 15 décembre 1917. 113

Société marseillaise de Crédit industriel et commercial et de Dépôts. — Assemblée générale ordinaire du 17 mai 1918..... 956

Société Nilmelior. — Assemblées générales, ordinaire et extraordinaire, du 5 février 1918..... 598

Société norvégienne de l'Azote et des Forces hydro-électriques. — Assemblée générale ordinaire du 14 novembre 1917..... 530

Digitized by Google

Sud électrique. — Assemblée générale ordinaire du 17 décembre 1917 310

Tréfileries et Laminoirs du Havre. — Assemblée générale ordinaire du 30 novembre 1917... 37

Usines métallurgiques de la Basse-Loire. — Assemblée générale extraordinaire du 7 janvier 1918 240

ÉTABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHES

Conservatoire national des Arts et Métiers. — Conférences de 1918..... 314

Institut électrotechnique de Toulouse. — Arrêté du 10 novembre 1917 fixant le tarif des opérations effectuées par le Bureau de Contrôle et d'Essais électrotechniques de l'Université de Toulouse..... 855

INSTITUTIONS DIVERSES

Chambres de Commerce. — Assemblée des Présidents des Chambres de Commerce 156

Chambre de Commerce d'Alger..... 272

Chambre de Commerce de Paris..... 114

Chambre de Commerce française de Genève..... — Les marques de fabrique en Suisse..... 240

Comité d'Électricité. — Le rôle du Comité d'électricité dans les règlements des différends concernant les distributions d'énergie électrique (*A. Monmerqué*) 927

BIBLIOGRAPHIE, NÉCROLOGIE, ETC.

Distinctions honorifiques. — Citation à l'ordre du jour..... 890

Légion d'honneur : Mauduit (A.)..... 82

Broca (Elie-André), Burton (Charles), Cance (Albert), Fabry (Ch.), Laporte (F.) 498

Nécrologie. — Cornuault (Emile) (1846-1917)..... 497

Duddell (William) (1872-1917) (*A. Blondel*)..... 569

Guyau (Augustin) (*Paul Janet*)..... 817

Jégou (Paul) (*J. Bethenod*)..... 201

CONGRÈS, EXPOSITIONS, COURS

Congrès. — Le Congrès du Génie civil. Informations..... 418, 458

Congrès général du génie civil. Analyse des rapports présentés... 493, 523, 561, 591, 626, 664, 703, 737, 779, 848, 883, 921, 950

Exposition. — Rapport sur la section de l'Electricité à l'exposition internationale urbaine de Lyon, par *Eugène Dumont* (Bibliographie)..... 3

Foires. — La troisième Foire de Lyon... 345, 410, 445, 489, 519, 554

Conférences. — Conférences du Conservatoire national des Arts et Métiers..... 314

BIBLIOGRAPHIE

Ocean Magnetic Observations 1905-1916 and Reports on special Researches (Observations magnétiques sur l'Océan, de 1905 à 1916 et Rapports sur quelques recherches spéciales,) par *L.-A. Bauer, W.-J. Peters, J.-A. Fleming, J.-P. Ault* et *W.-G.-F. Swann*..... 819

La liquéfaction des gaz et l'industrie du froid, par *L. Décombe*..... 122

La statique des fluides, par *E.-H. Amagat* et *L. Décombe*..... 122

Les usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public, par *Paul Marcorelles*..... 4

Les travaux du Service des grandes forces hydrauliques du Sud-Ouest..... 602

Notions sommaires d'électrotechnique, par *R. de Valbreuze*..... 386

La magnéto française, par *L.-B. Famor*..... 346

Electric Traction, par *A. T. Dover*..... 3

The Theory of the Submarine Telegraph and Telephone Cable, par *H.-W. Malcolm*.....5. 2

L'électrochimie et l'électrométallurgie, par *Albert Levasseur* 572

Actions physiologiques et dangers des courants électriques, par *J. Rodet*..... 162

Précis de Radiodiagnostic, par *F. Jaugeas*..... 572

Conditions et essais de réception des métaux, par *Georges Charpy*..... 314

Les accidents du travail pendant la guerre, par *Jean Jadé* 4

Comment économiser le chauffage domestique et culinaire, par *R. Legendre* et *A. Thevenin*..... 642

Les industries métallurgiques à l'avant-guerre. Leur avenir. Combustibles. Fer et autres métaux. Economie. Organisation. Enseignement, par *Léon Guillet*..... 890

L'industrie de l'acier en France. Simple exposé technique et industriel, par *Tribot-Laspière*.... 642

Le problème de l'exportation, par *Maurice Ajam*.. 858

Le problème commercial dans l'industrie, par le *Commandant Hourst*..... 602

Au Maroc, Fez, la capitale du Nord, par le *comte Maurice de Périgny*..... 122

La foire d'échantillons, par *C. Germain de Montauzan*..... 930

Précis élémentaire de législation financière, par *M. Moye*..... 274

Les impôts sur le capital, par *François Roger*..... 786

Les impôts cédulaires et l'impôt global sur les revenus, par *F.-J. Combat*..... 858

Rapport sur la section de l'Electricité à l'Exposition internationale urbaine à Lyon, par *Eugène Dumont*..... 3

Périodiques, Annuaires. — La Technique moderne. 314

Le « Journal de la Houille blanche »..... 242

Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1918. 674

Errata de la R. G. E. — Erratum des pages 499 à 507 : Sur la théorie de l'excitation par choc d'un circuit oscillant (*J. Bethenod*)..... 712

Erratum des pages 796-798 : Diagramme entropique du pétrole (*Jean Rey*)..... 928

Erratum des pages 894-904 : Les mouvements vibratoires des systèmes couplés démontrés quantitativement par des expériences simples. Page 895, équation (14), lire : $+\frac{B}{MC}$ au lieu de : $-\frac{B}{MC}$..... 894

VARIÉTÉS

Après une année d'existence (*J. Blondin*)..... 1

Avis concernant l'Assemblée générale annuelle des actionnaires de la « Revue générale de l'Electricité »..... 537

Deux extraits de l'E. T. Z.*..... 673

Arrêté du 13 décembre 1917 abrogeant, en ce qui concerne les charbons pour l'électricité, les dispositions de l'arrêté du 24 février 1915 relatif à des dérogations aux prohibitions de sortie..... 200

Digitized by Google

TABLE DES NOMS D'AUTEURS

AMAGAT (E.-H.) et DÉCOMBE (L.). — La statistique des fluides (Bibliographie) 122

AJAM (Maurice). — Le problème de l'exportation (Bibliographie) 858

ANCEL (L.). — Appareils et instruments de précision.. 568

ANDROUIN (J.). — Proposition tendant à la création, par les constructeurs et fabricants, d'un « Institut français de Mécanique appliquée » 563

ARMAGNAT (H.). — Lumens contre bougies 603

AULT (J.-P.). — Voir *Bruer* (*L.-A.*), *Peters* (*W.-J.*), *Fleming* (*J.-A.*), *Ault* (*J.-P.*), et *Swan* *W.-F.-G.*.. 819

AUSTIN (L.-W.). — Notes sur l'audion 72

BARBET (E.), CAMBON (V.) et MAINIÉ (F.). — Ententes industrielles et leur organisation en syndicats coopératifs 883

BARBILLION (L.) et CAYÈRE (L.). — Note sur une nouvelle solution du problème de la régulation des groupes électrogènes..... 747, 787

BADEY (G.). — Sur la réaction d'induit dans les commutatrices 163

BARNETT (B.-J.). — L'aimantation par rotation du fer, du nickel et du cobalt et la nature de la molécule magnétique 91

BARTON (Edwin-H.) et BROWNING (H.-M.). — Les mouvements vibratoires des systèmes couplés expliqués quantitativement par des expériences simples..... 608, 894

BASSET (Marcel). — La métallurgie de l'étain 955

BAUER (L.-A), PETERS (W.-J), FLEMING (J.-A.), AULT (J.-P.) et SWANN (W.-F.-G.). — Ocean Magnetic Observations 1905-1916 and Reports on special Researches (Observations magnétiques sur l'Océan de 1905 à 1916 et Rapports sur quelques recherches spéciales) (Bibliographie)..... 819

BELLOM (Maurice). — Formule à proposer pour la réforme du régime institué par la loi du 30 mars 1900 780

— Sur une modification de la loi du 30 janvier 1907 relative aux émissions des valeurs mobilières.... 851

BENADE (J.-M.) et COMPTON (K.-T.). — Elasticité de l'impact des électrons avec les molécules gazeuses. 798

BERLIT. — Les tracteurs électriques dans les services municipaux 33

BETHENOD (J.). — Nécrologie : Paul Jégou..... 201

— Sur les machines magnéto-électriques. Magnétos d'allumage..... 276

— Sur la théorie de l'excitation par choc d'un circuit oscillant..... 499, 712

— Calcul des résistances de décharge 573

— A propos de la formule d'Austin-Cohen relative à la radiotélégraphie 786

— Sur les abaques relatifs au calcul de la résistance des conducteurs associés en parallèle..... 933

BINDER (Ludwig). — Les ondes vagabondes dans les canalisations aériennes et dans les câbles..... 936

BISHOP (F.-M.). — Potentiel d'ionisation des électrodes dans divers gaz 132

BIVIER (Marcel). — La métallurgie de l'antimoine.... 926

BLONDEL (A.). — Nécrologie : William Duddell (1872-1917) 569

BLONDIN (J.). — Après une année d'existence 1

BOGITCH (B.). — Voir *Le Chatelier* (*H.*) et *Bogitch* (*B.*). 259

— Voir *Le Chatelier* (*H.*) et *Bogitch* (*B.*) 19

BORDRIONNET (A.). — Repérage de corps étrangers par la radioscopie..... 464

BOUCHEROT (P.). — La tarification de l'énergie électrique eu égard au cos φ de l'abonné..... 83

BOUGAULT (Paul). — La loi de finances du 31 décembre 1917 et ses innovations fiscales 195

— La loi du 21 janvier 1918 relative aux marchés et autres contrats commerciaux conclus avant la guerre 379

— Le rapport de la Commission chargée de la fixation des coefficients relatifs à l'impôt cédulaire sur le revenu 531

— Que faut-il entendre par l'emploi accessoire du courant pour la lumière dans les locaux industriels 853

BOURDIL. — La législation relative aux brevets d'invention 809

BOUTHILLON (Léon). — Sur l'application de la formule d'Austin-Cohen à la résolution de quelques problèmes importants de la technique des radiocommunications 419

BOWN (Ralph.). — Relations internes dans les récepteurs radiotélégraphiques du type audion..... 60

BOYER-GUILLON. — Les laboratoires de machines et de mécanique générale 567

BRAININ (C.-S.). — Recherches expérimentales sur l'émission de rayons X à partir de quelques métaux 723

BRILLOUIN (Marcel). — Champ électromagnétique d'un élément de courant constant dans un milieu biaxe 243

— Note sur le champ électro-magnétique dans un milieu biaxe..... 275

BRITISH INSULATED AND HELSBY CABLES Cº. — Condensateurs pour circuits de distribution de force motrice 650

Digitized by Google

BRONIMANN (Emil). — Le nouveau barrage de Boquilla (Mexique) 917

BROWN, BOVERI et Cº. — Un nouveau type de relais à déclenchement automatique 838

BROWNING (Miss H.-M.). — Voir *Barton* (*Edwin H.*) et *Browning* (*Miss H.-M.*) 608, 894

BRYLINSKI (E). — Propagation sur une ligne à circuit ouvert 48

BURGESS. — Caractéristiques de petites piles sèches.. 73

CAMBON (V.). — Voir *Barbet* (*E.*), *Cambon* (*V.*) et *Maillé* (*F.*) 883

CAMPBELL (E.-D.) et DOWD (W.). — L'influence du traitement thermique sur les propriétés électriques des aciers, particulièrement sur la résistivité et le potentiel thermo-électrique 210

CAPLAIN-SAINT-ANDRÉ. — Le platine 951

CARLIER (J.). — Le matériel roulant aux Etats-Unis d'Amérique 469
— Un mot sur l'électrification des grands chemins de fer aux Etats-Unis d'Amérique 943

CARLIOZ. — La spécialisation des usines..... 952

CARSON (John-R.). — Théorème général pour le calcul des oscillations de transition dans un réseau.... 210

CASTEX (A.). — Abaque pour le calcul de la résistance des conducteurs associés en parallèle 424
— Abaque pour faciliter le calcul des réseaux à courants alternatifs au moyen de la méthode de M. Boucherot 821

CAYÈRE (L.).— Voir *Barbillion* (*L.*) et *Cayère* (*L.*) 747, 787

CAYEUX (L.). — L'inventaire des minerais de fer armoricains 951

CHARPENTIER. — Quelques remarques sur le fonctionnement en parallèle des transformateurs statiques. 21

CHARPY (Georges). — Conditions et essais de réception des métaux (Bibliographie) 314
— La question des cahiers des charges relatifs aux produits métallurgiques 630

CHAUMAT (H.). — Phénomène de surtension dans un circuit dépourvu de self-induction en courant continu..... 203

CHENAILLE (M.). — Sur la formation des ingénieurs électriciens 307

CHÉNEVEAU (C.). — Sur la mesure de la viscosité des huiles 777

CHÉNEVEAU (C.) et GÉNEAU (Ch.). — Sur les propriétés magnétiques du manganèse et de quelques aciers spéciaux au manganèse 468
— Contribution à l'étude des propriétés magnétiques du manganèse et de quelques aciers spéciaux au manganèse 571

CHOROWER (Ch.). — Corrosions provoquées par l'acide carbonique de la vapeur dans les machines motrices à vapeur 509

CLÉMANG (Raymond). — L'industrie et la publicité .. 886

COBLENTZ (W.-W.). — Rayonnement des filaments de tungstène droits et hélicoïdaux 720

COMBAT (F.-J.). — Les impôts cédulaires et l'impôt global sur les revenus (Bibliographie)..... 858

COMPÈRE. — Sur la force motrice 565
— Le concours que les œuvres d'initiative privée peuvent apporter aux pouvoirs publics 849

COMPTON (K.-T.). — Voir *Benade* (*J.-M.*) et *Compton* (*K.-T.*) 709

CONGE (L.). — La fumisterie dans les stations centrales thermiques..... 65
— La localisation des défauts dans les câbles souterrains 409
— Le réglage de la combustion dans les chaufferies modernes 765
— Les stations centrales de grande puissance 905
— Système de tarification des salaires..... 949

CONTI (J.). — La vérification des instruments de mesure 567

CORNUAULT (Emile). — Nécrologie 497

COSTESÈQUE (G.). — Note sur la corrosion des tubes des condenseurs par surface alimentés à l'eau de mer 647

DÉCOMBE (L.). — La liquéfaction des gaz et l'industrie du froid (Bibliographie) 122
— Voir *Amagat* (*E.-H.*) et *Décombe* (*L.*) 122

DEFERT (Henri). — Les usines hydro-électriques et la conservation des sites 593

DELAMARRE (Ach.). — Les paratonnerres 133
— A propos de l'article « les méthodes de labourage par treuils » 202
— La situation actuelle de la culture mécanique en France..... 661

DEVENTER (Harry-Randolphe van). — Perfectionnements aux appareils de génération de courant et d'éclairage 280

DEY (Ashutosh). — Voir *Raman* (C.-V.) et *Dey* (*Ashutosh* 396

DOUANE (Lucien). — L'instruction et l'éducation professionnelles de l'ouvrier 703

DOVER (A.-T.). — Electric-Traction (Bibliographie). 3

DOWD (W.). — Voir *Campbell* (*E.-D.*) et *Dowd* (*W.*). 210

DROSNE et ROUSSELET. — La standardisation des profilés entrant dans les constructions..... 664

DUANE (William) et WENDT (Gerald-L.) — Modification active de l'hydrogène produite par les rayons α. 131

DUBRUIEL (Fred.). — Rhéostat liquide de démarrage d'un moteur de monte-charges 154

DUMONT (Eugène). — Rapport sur la section de l'Electricité à l'Exposition internationale urbaine à Lyon (Bibliographie) 3

DUMONT (Georges). — Sur la transformation nécessaire du réseau routier français 665

DWIGHT (H.-B.). — Répulsions entre conducteurs en barres 353
— Formules pratiques pour le calcul de la self-induction des conducteurs tubulaires..... 798

EACHRON (Karl-B.-M.). — Démarrage d'un moteur à gaz par alimentation de la génératrice qu'il entraîne 112

ENGELBACH. — L'unification du matériel des mines. 926

ERNAULT (H.). — La construction mécanique en France et les causes de son faible développement. 563

ESCARD (Jean). — Les bronzes d'aluminium 93
— Dispositifs expérimentaux pour la production électrothermique des hautes températures : fours électriques de laboratoire pour analyses et recherches. 545

ESPITALLIER (Colonel). — Sur le réseau de la navigation intérieure en France 592
— La période de transition pour la formation des ingénieurs et techniciens 886

Digitized by Google

EYDOUX (Denis). — Sur les mouvements de l'eau dans les cheminées d'équilibre. Conduites fermées aux deux extrémités. Accumulateurs et pare-chocs 645

EYROLLES (Léon). — L'enseignement technique secondaire 885

FANOR (L.-B.). — La magnéto francaise (Bibliographie) 346

FLAGEY (Etienne). — La formation de l'ingénieur électricien aux Etats-Unis 587. 621

FÉRET (R.). — Sur les cahiers des charges pour la réception des chaux et ciments 665

FLEMING (J.-A.). — Voir *Bauer (L.-A.)*, *Peters (W.-J.)*, *Fleming (J.-A.)*, *Ault (J.-P.)* et *Swann (W.-F.-G.)*. 819

FRANCE (DE). — L'amélioration des moyens de transports par l'électrification 527

FRÉMINVILLE (Ch. de). — Sur la mise en pratique des nouvelles méthodes de travail 884

GATWARD (Walter-A.). — Voir *Yensen (Trygve-D.)* et *Gatward (Walter-A.)* 825

GÉNEAU (Ch.). — Voir *Chéneveau (C.)* et *Géneau (Ch.)*. 468
— Voir *Chéneveau (C.)* et *Géneau (Ch.)* 571

GENKIN (V.). — La tarification de l'énergie électrique eu égard au cos φ de l'abonné 274
— Construction indirecte du diagramme rigoureux des moteurs à champ tournant 931

GIRARDEAU (Emile). — Sur les communications téléphoniques, télégraphiques, radiographiques et postales 523

GIRAULT (Paul). — Calcul des résistances de décharges 102

GOODMAN (L.-S.) et JACKSON (W.-B.). — L'effet des circonstances de guerre sur le prix de revient et la qualité du service électrique 805

GOODWIN (V.-T.). — Eclateurs à boules pour paratonnerres 109

GONDET. — Sur l'emploi du tikker de réception utilisé en télégraphie sans fil comme appareil pratique susceptible de remplacer un galvanomètre pour les mesures industrielles 723

GOVARE (Paul). — Les ports francs 848

GRAY (Georges-H.). — Ligne de transmission artificielle de la « Telluride Power Company », de Provo, Utah (Etats-Unis) 829

GREGOR (S.-W.-B.Mc.). — Développement commercial des industries techniques en Chine 741

GUERNER (Jean). — La soudure électrique et son état actuel 173

GUIEU (Pierre). — Les applications de l'électricité dans les camps américains 257
— La tourbe et l'industrie électrique (Suite) 768

GUILLERY (R.). — Les moyens de développer plus rapidement l'expérience des futurs ingénieurs 563

GUILLET (Léon). — Les industries métallurgiques à l'avant-guerre. Leur avenir. Combustibles. Fer et autres métaux. Economie. Organisation. Enseignement (Bibliographie) 890
— La situation économique de la métallurgie du plomb 922

GUILLET (A.). — Application du galvanomètre à cadre mobile à la mesure de la viscosité des fluides. 938

GUILLOT (L.). — L'étude de l'évolution des machines et procédés industriels 564

HALVORSON (C.-A.-B.) et HUSSEY (R.-B.). — Evolution de la projection de la lumière 355

HEAPS (C.-W.). — Résistance et aimantation 248

HENRY (Albert). — Sur les moyens propres à faciliter la création des embranchements particuliers plus que jamais indispensables pour l'expansion industrielle en présence de la pénurie de main-d'œuvre.. 594

HERSENT (Jean). — Sur l'utilisation des ports de Commerce 595. 665

HIRSCHBERG (Charles-A.). — Utilité de l'air comprimé dans les centrales 659

HONDA (Kotarô) et OKUBO (Janzô). — Théorie moléculaire des substances ferromagnétiques..... 576

HORTON (Franck). — Batteries à haute tension et faible intensité 560

HOSMER (Helen. R.). — L'industrie des produits azotés de 1912 à 1916 376

HOSTETTER (J.-B.) et SOSMAN (R.-B.). — Appareil en quartz pour la distillation continue du mercure dans le vide 575

HOURST (Commandant). — Le problème commercial dans l'industrie (Bibliographie) 602

HUBBARD (J.-C.). — Influence de la capacité des spires dans les sélénoïdes à couche unique 128

HUSSEY (R. B.). — Voir *Halvorson (C.-A.-B)* et *Hussey (R.-B.)* 355

ILIOVICI. — Sur les compteurs à tarification complexe 349

IMBEAUX (Ed.). — L'intérêt de la création d'un réseau de grande navigation intérieure en France 592

JACKSON (W.-B.). — Voir *Goodman (L.-S)*. et *Jackson (W.-B.)* 805

JACQUES (M.). — Calcul des canalisations d'un réseau électrique 935

JADÉ (Jean). — Les accidents du travail pendant la guerre (Bibliographie) 4

JANET (Paul). — Nécrologie : Augustin Guyau 817

JEAUGEAS (F.). — Précis de Radiodiagnostic (Bibliographie)..... 572

JOHNSON (T.-F.). — Dispositif pour empêcher les oiseaux de mettre les lignes à la terre 74

JOUBIN. — Sur l'utilisation des forces et des produits de la mer 592

JUMAU (L.). — L'industrie des accumulateurs électriques dans son état actuel 577

KADE (Fr.). — La loi du rendement maximum..... 507

KAYE (G.-W.-C.). — Les rayons X et la guerre 89

KING (Robert W.). — Conductibilité électrique des couches obtenues par pulvérisation 132

KNIGHT (W.). — La marche en parallèle des alternateurs. Détermination de la vitesse de résonance, correspondant à un volant donné ou inversement. 653

KUMMER (W.). — Etude sur les transformateurs de traction 328

LAMME (B.-G.). — L'histoire technique des fréquences 465

LATOUR (Marius). — Sur le théorème de la conservation de la puissance réactive 278
— Note sur les pertes dans les tôles de fer aux fréquences élevées 539

LECLERC (Max). — La formation des ingénieurs (Bibliographie) 890

Digitized by Google

LECORNU (L.). — Sur le choix du sens positif des rotations 864

LEGENDRE (R.) et THEVENIN (A.). — Comment économiser le chauffage domestique et culinaire (Bibliographie) 642

LEGOUEZ (R.). — A props de « Houille blanche, une solution ouvrière. » 35
— L'organisation industrielle 447

LETROSNE (Charles). — Les mesures à prendre pour la reconstitution des régions dévastées par la guerre 628

LEVASSEUR (Albert). — L'électrochimie et l'électrométallurgie (Bibliographie) 572

LÉVY (Raphael-Georges). — La Banque 886

LE CHATELIER (H.) et BOGITCH (B.). — Sur les propriétés réfractaires de la silice 19
— La fabrication des briques de silice 259

LOEBNER (Constantin). — Les raccordements de ligne 699

LOPPÉ (F.). — La situation de l'industrie électrique en Allemagne 303

LORAS (O.). — A propos de transformateurs de sonneries 929

LOSSIER (Henri). — Sur les nouvelles méthodes de calcul de résistance et sur la nécessité de les introduire dans les programmes d'enseignement 664

LUMET. — Sur les moyens propres à développer l'emploi des moteurs à combustion interne dans la marine marchande 592

MAILLET (Gabriel-A.). — Le bassin houiller des Alpes françaises 841

MAINIÉ (F.). — La protection des marques collectives 780
— Sur le projet de loi assurant la réparation des dommages subis par les victimes civiles des accidents causés par la guerre ou consécutifs à la guerre 850
— Voir *Barbet* (*E.*), *Cambon* (*V.*), *et Mainié* (*F.*). 883

MALCOLM (H.-W.). — The Theory of the Submarine Telegraph and Telephone Cable (Bibliographie).. 2

MANTZEL (H.). — Construction d'une grue pour extrémité de poteaux de transmission 586

MARCORELLES (Paul). — Les usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public (Bibliographie) . 4

MARRE (Ch.). — Appareils et instruments de précision pour la production des pièces mécaniques interchangeables 561

MARTINDALE (E.-H.). — Espacement et épaisseur des balais 29

MAUDUIT (A.). — Légion d'honneur 82

MEADE (Norman-G.). — Régulateurs de tension pour feeders à courant alternatif 556

MENDENHALL (C.-E.). — Détermination de la constante c_2 du rayonnement de Planck 279

MERCINIER (Edg.). — Les marques de fabrique en Suisse 240

MICHELL. — Appareil automatique pour le graissage au départ 839

MONMERQUÉ (A.). — Le règlement des différends concernant les distributions d'énergie électrique. Le rôle du Comité d'électricité 927

MONTAUZAN (C.-Germain de). — La Foire d'échantillons (Bibliographie) 930

MORGAN (J.-D.). — Inflammation par étincelles. Recherches sur l'effet de l'intensité de l'étincelle sur l'inflammation des machines à combustion interne 92

MOUTIER (A.). — Le tunnel sous la Manche entre la France et l'Angleterre 665

MOYE (M.). — Précis élémentaire de Législation financière (Bibliographie) 274

NAVARRE. — La revision de la législation des établissements dangereux, insalubres et incommodes ... 39

NEUVILLE (S.). — Influence de la résistance et de la réactance d'induit sur les tensions aux bornes d'une commutatrice 678

NOGARO (B.). — La main-d'œuvre étrangère en France 952

OKUBO (Junzô). — Voir *Kotarô Honda* et *Okubo Junzô*..... 576

PAGLIARO (Ferdinando). — Sur le fractionnement des chutes d'eau..... 26

PAHIN (Lucien). — La traction électrique sur la section Spiez-Brigue du chemin de fer de Lœtschberg. 683

PARKER VAN ZANDT. — Systèmes oscillants amortis par une résistance proportionnelle au carré de la vitesse..... 608

PARR (S.-W.). — Les altérations du charbon emmagasiné 582

PÉCHEUX (H.). — Calcul de la force électromotrice efficace (non sinusoïdale) d'un alternateur 204
— *Errata*. 344
— Calcul des circuits inductifs en dérivation 891

PECK (E.-P.). — Appareil indicateur de la rotation de phase de construction facile..... 342

PÉRIDIER (J.) et STEELS (O.). — Projets concernant l'utilisation économique du charbon, la production et la distribution électrique en Grande-Bretagne 427

PÉRIGNY (Maurice de). — Au Maroc, Fez, la capitale du Nord (Bibliographie)..... 122

PÉROT (A.). — La Société hydrotechnique de France. 125

PERRIN (G.). — Note sur l'échauffement des conducteurs dans les encoches 643

PESTARINI (J.). — Nouveau distributeur électrique permettant de remplacer le collecteur ou commutateur dans les machines électriques existantes et de solutionner un certain nombre de nouveaux problèmes électriques 656

PETERS (W.-J.). — Voir *Bauer* (*L.-A.*), *Peters* (*W.*), *Fleming* (*J.-A.*), *Ault* (*J.-P.*) et *Swann* (*W.-F.-G.*). 819

PIANELLI (Adolphe de). — Projet de la mobilisation du crédit de la propriété foncière par le moyen de l'obligation hypothécaire au porteur plus connue sous le nom de « grosse au porteur » 779
— L'organisation du crédit industriel et la mobilisation de la propriété foncière 885

PICCARD (Auguste). — Voir *Weiss* (*Pierre*) et *Piccard* (*Auguste*)..... 426

PICHENOT (P.). — Règles pour le calcul pratique des canalisations intérieures (Bibliographie) 112

PICOU (R.-V.). — Moteurs asynchrones à grand facteur de puissance et à chute de vitesse réglable.. 459

PIERNET (E.). — La distillation de la houille et l'utilisation directe au chauffage du goudron et du brai. 61
— La distillation du goudron et l'utilisation de ses éléments 301
— L'alimentation des fours électrométallurgiques monophasés par les systèmes de distribution triphasés 732

Digitized by Google

— Les économies de combustible obtenues par l'emploi du charbon pulvérisé 939
Poirson (E.). — Amélioration du facteur de puissance des réseaux par machines synchrones 59
Poitrimol (P.). — Sur un abaque destiné à faciliter le calcul des rhéostats d'excitation 715
Pomey (J.-B.). — Lignes artificielles téléphoniques.. 123
— Les postes, télégraphes et téléphones aux Etats-Unis 182
— La standardisation aux Etats-Unis 261
— Puissance active et puissance réactive 315
— A propos des surtensions dans un circuit dépourvu de self-induction en courant continu 346
— Théorie des petites oscillations de l'arc chantant .. 574
— Le système de télégraphie sans fil de l'Administration des P.-T.-T. 675
Poole (H.-H.). — Variation de la conductivité du mica avec la température 356
Poucholle (A.). — Contribution à l'étude expérimentale des mouvements périodiques 387
Raman (C.-V.) et Dey (Ashutosh). — Nature des vibrations entretenues par une force périodique 396
Rateau. — Le développement à donner à l'enseignement de la mécanique 565
Rechniewski (W.-C.). — Etude des dispositions à employer pour améliorer le facteur de puissance dans les installations utilisant l'énergie fournie par les réseaux de distribution 347
Reeves (H.-H.). — La commande à distance par les circuits fantômes 658
Regnoni. — Considérations générales sur les téléphones sur ligne télégraphique et description des appareils Castelli 71
Rey (Jean). — Sur l'utilisation des forces naturelles pour la production de l'énergie électrique 493
— Diagramme entropique du pétrole. — Erratum. 796, 928
Reynolds (T.-W.). — Emploi de deux tonneaux pour le jaugeage de l'eau d'alimentation des chaudières. 874
Reyval (J.). — Les électro-aimants de levage 39
— Résultats des essais au frein d'une nouvelle turbine hydraulique à grande vitesse de la Maison Escher-Wyss et Cie (Zurich, Suisse) 799
Robin (F.). — Sur les machines d'extraction à commande électrique. — (Errata, p. 344)..... 5
Rodet (J.). — Actions physiologiques et dangers des courants électriques 162
Roger (François). — Les impôts sur le capital (Bibliographie) 786
Roth (Hans). — Etude des remous et de leur influence sur la construction des barrages mobiles 146
Rousselet. — Voir *Drosne* et *Rousselet*..... 664
Roux (George-P.). — Propagande pour le développement des applications de l'électricité dans les habitations..... 609, 930
Saget (J.). — La purification électrique des gaz 227
Saint-Germain (J.). — Note sur le calcul de l'énergie absorbée dans les rhéostats de démarrage en fonction des couples moteurs et résistants et de la durée de démarrage 15
Salomonson (Wertheim). — Instruments de mesure du courant à loi de déviation parabolique 59
Savino (A.). — Sur le calcul des réseaux de distribution 613
Sauvage (Ed.). — L'unification et l'étalonnage des éléments des constructions industrielles..... 562
Schuler (L.). — L'histoire des transformateurs 372
Schwartz. — L'organisation méthodique des ateliers et chantiers ; le perfectionnement du matériel et de l'outillage, les moyens préventifs contre les accidents du travail 704
Scoumanne (F.). — Sur l'amélioration du facteur de puissance d'une grande installation de distribution d'énergie électrique..... 211, 281
Séba (F.). — Des transports aériens pour la manutention des matières premières dans l'industrie. 184, 249, 329
Sébert (Général). — L'organisation en France d'offices de documentation 885
Séjournet. — L'aluminium 921
Sherwood (R.-G.). — Jauges à vide du type radiométrique 828
Skinner (C.-A.). — Polarisation cathodique dans un gaz fortement ionisé 171
Skinner (C.-E.). — Mesure des pertes diélectriques des isolants 319
Smith (Alpheus-W.). — Inversion de l'effet Hall dans les alliages 248
Smeeth (M.-F.) et Watson (H.-E.). — La radioactivité des roches préhistoriques de l'Etat de Mysore, dans l'Inde du Sud 904
Sosman (R.-B.). — Voir *Hostetter* (*J.-C.*) et *Sosman* (*R.-B.*) 575
Soucy (Jacques de). — L'électricité dans la région de Saint-Nazaire 357
Soulier (A.). — Emploi de condensateurs au papier pour améliorer le facteur de puissance 81
— Le démarrage automatique des moteurs électriques..... 273
parre (Comte de). — Sur le coup de bélier dans une conduite forcée à parois d'épaisseur variable dans le cas d'une fermeture progressive 351
Steels (O.). — Voir *Péridier* (*J.*) et *Steels* (*O.*) 427
Strap. — La métallurgie de l'or en France 952
Swann (W.-F.-G.). — Voir *Bauer* (*L.-A.*), *Peters* (*W.-J.*), *Fleming* (*J.-A.*), *Ault* (*J.-P.*) et *Swann* (*W.-F.-G.*) 819
Sweeney (H.-B.). — Etayage de poteaux en espace limité 238
Swischer (C.-L.). — La résistivité et le pouvoir thermo-électrique du calcium métallique..... 724
Taste (L. de la). — Les marchés de services publics et la guerre 709
Thevenin (A.). — Voir *Legendre* (*R.*) et *Thevenin* (*A.*). 642
Tissot (E.). — Sur l'influence allemande dans l'industrie électrotechnique suisse 75
Tobler (A.). — Le nouveau sélecteur téléphonique de la Western Electric 153
Tochon (G.). — Un projet de loi sur les distributions d'énergie en Autriche 599
— La procédure d'instruction des demandes de concessions sur le domaine public..... 667
Torchio (Philip). — Relais pour lignes à haute tension 80
Toulon. — Les chemins de fer après la guerre 626

Digitized by Google

TRIBOT-LASPIÈRE. — L'industrie de l'acier en France. Simple exposé technique et industriel (Bibliographie) 642

TRICHARD (Pierre). — Emission de signaux par les centrales électriques ; leur réception chez l'abonné. 725

TUMERELLE (A.). — Halage électrique sur les canaux. 865

TWISS (G.-V.). — Lignes de transmission aériennes à haute tension 106

VALBREUZE (R. de). — Notions sommaires d'électrotechnique (Bibliographie) 386

VALENSI (G.). — Le téléphone aux Etats-Unis 232
— Les lignes téléphoniques aux Etats-Unis 909
— Application des amplificateurs à l'exploitation téléphonique..... 512

VARLEY (T.-W.). — Détermination simple de la rotation de phase 306

VAUNOIS (A.). — Les indications d'origine sur les marchandises étrangères 781

VERDIN. — La « Houille blanche » 629

VILLAIN (François). — La prévoyance sociale dans les mines et la métallurgie 950

VILLEMIN (A.). — L'organisation, l'enseignement et la vulgarisation des nouvelles méthodes de travail ; sur la rémunération du travail et sur le contrat de travail 737

WANS. — Comparaison des principaux genres de moteurs primaires au point de vue des frais d'exploitation 916

WARNER (Earle-H.). — Accroissement de pression dans le phénomène des couronnes 327

WATSON (H.-E.). — Voir *Smeeth* (*M.-F.*) et *Watson* (*H.-E.*). 904

WATTEVILLE (Henry de). — L'aménagement du Rhône 919

WEEKS (Paul T.). — Détermination du rendement dans la production des rayons X..... 862

WEISS (Pierre) et PICCARD (Auguste). — Sur un nouveau phénomène magnétocalorique 426

WENDT (Gerald-L.). — Voir *Duane* (*William*) et *Wendt* (*Gerald-L.*) 131

WHITLEY. — Rapports sur l'organisation des relations entre le capital et le travail 876

WIRZ (E.). — Transformateurs pour sonneries 774

WISEMAN (R.-J.). — La rigidité diélectrique apparente de la toile vernissée 395

WORTHING. — Echelle des températures vraies et pouvoir émissif du tungstène aux températures d'incandescence 607

WRIGHT (G.-N.). — Courbes de chute de tension pour les lignes aériennes en fil de cuivre 375

YENSEN (Trygve-D.) et GATWARD (Walter-A.) — Propriétés mécaniques, électriques et magnétiques des alliages fer aluminium fondus dans le vide.... 825

YOUNG (A.-P.). — La magnéto à haute tension et son application aux moteurs d'aéroplanes 618

ZORETTI (L.). — Sur les abaques relatifs au calcul de la résistance des conducteurs associés en parallèle. 933

Digitized by Google

RÉPERTOIRE GÉOGRAPHIQUE

ALLEMAGNE. — La crise du cuivre..... 836
La réglementation des distributions d'énergie électrique..... 558
L'empire allemand acquiert une grande usine motrice. 585
La convention entre la Suisse et l'Allemagne..... 80
La situation de l'Industrie électrique en Allemagne (*F. Loppé.*)..... — .. 303
Les unions d'achats et de vente en Allemagne..... 416

ALPES FRANÇAISES. — Le bassin houiller..... 841

ALTOONA (États-Unis d'Amérique). — Ateliers de construction de voitures électriques..... 477

AUTRICHE. — Projet de loi sur les distributions d'énergie..... 599

BAKOU (Russie). — Dispositifs appliqués à la distribution d'énergie électrique de Bakou pour l'amélioration du facteur de puissance..... 281

BAVIÈRE. — L'exploitation de la Houille blanche.. 272

BOCQUILLA (Mexique). — Barrage..... 917

BOSTON (États-Unis d'Amérique). — Voitures métalliques du chemin de fer aérien..... 478

CAP PINÈDE (Marseille). — Corrosion des tubes des condenseurs de l'usine génératrice..... 647

COGNAC (France). — Relèvement du prix de l'électricité..... 111

COIRE-AROSA (Italie). — Chemins de fer..... 68

ETATS-UNIS D'AMÉRIQUE. — Le matériel roulant. 469
Les Postes, Télégraphes et Téléphones..... 182
Le téléphone..... 232
Les lignes téléphoniques..... 909

FRANCE. — L'exploitation des lignites..... 193

GRANDE-BRETAGNE. — Usines génératrices et réseaux de distribution de la côte Nord-Est d'Angleterre..... 443
Projets concernant l'utilisation économique du charbon, la production et la distribution électrique en Grande-Bretagne..... 427

LŒTSCHBERG (Suisse). — Chemin de fer à traction électrique..... 683

LONDRES (Angleterre). — Voitures et automotrices du Metropolitan District Railway et Central London Railway..... 486

MANCHESTER (Angleterre). — Train électrique à voitures entièrement métalliques..... 487

MYSORE (Inde du Sud). — Radioactivité des roches préhistoriques..... 904

PROVO (Utah, États-Unis). — Ligne de transmission..... 829

SAINT-NAZAIRE (Loire-Inférieure). — L'électricité dans la région de Saint-Nazaire..... 357

SUISSE. — Les marques de fabrique en Suisse (*Edg. Mercinier*)..... 240

Digitized by Google

INDEX DES ANNONCES

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

Accumulateurs.

DININ (Alfred), 18, route de Cherbourg, Nanterre (Seine).

FULMEN (ACCUMULATEURS), 18, Quai de Clichy, Clichy (Seine)

GADOT (Paul), Porte Champerret, Levallois (Seine).

HEINZ, 2, rue Tronchet, Paris (9e).

PARIS-RHONE, 41, rue du Chemin-de-Saint-Priest, Lyon-Monplaisir et 10, rue Auber, Paris (9e).

SOCIÉTÉ GRAMME, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ELECTRIQUE DES MÉTAUX, 26, rue Laffitte, Paris (9e).

TUDOR, 26, rue de la Bienfaisance, Paris (8e).

Appareillage électrique.

ALLEN WEST AND Co LTD, Lowes Road, Brighton (Angleterre).

ASEA (Société Suédoise d'électricité), Vasteras (Suède) et 54, faubourg Montmartre, Paris (9e).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DE DELLE, 28, boul. de Strasbourg, Paris (10e).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DU NORD ET DE L'EST, Jeumont (Nord) et 75, boulevard Haussmann, Paris (8e).

CADIOT, 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis (8e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE ELECTRIQUE DE NANCY, rue Oberlin, Nancy (M.-et-M.)

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ELECTRICITÉ, 54, rue La Boétie, Paris (8e).

CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES, 22, quai de la Bataille, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE (Société de), 67, rue Molière, Lyon (Rhône).

CORRIE (J.-B.) et Cie, 15, Victoria Street, Londres et 56, rue du Faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

DARSSES (Établissements A.), 34, 51, 53, rue Lafaurie-de-Montbadon, Bordeaux (Gironde).

DELAFON (Vve), 82, Boul. Richard-Lenoir, Paris (11e).

DEMOLY (E.), 43, rue de Trévise, Paris (9e).

ECLAIRAGE ELECTRIQUE (L'), 8, rue d'Aguesseau, Paris (8e).

EFGÉ (Société de fourniture générale pour l'Électricité), 75, avenue de la République, Paris (2e).

ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTROMÉCANIQUE, 17 rue Dieu, Paris (10e).

FINK ET JORAS, 21, rue Edouard-Nieuport, Suresnes (Seine).

GARDY, 23, rue de la Voie-des-Bancs, Argenteuil (Seine).

GENERAL ELECTRIC DE FRANCE, 10, rue Rodier, Paris (9e).

GENTEUR (Appareillage électrique), 122, avenue Philippe-Auguste, Paris (11e).

GRIVOLAS (Appareillage Electrique), 16, rue Montgolfier, Paris (3e).

HEDIGER (Jean), 47, rue de Paradis, Paris (10e).

HELDT-DEYDIER ET Cie, 2, rue de la République, Paris (11e).

ISENTHAL ET COMPAGNIE, Denzil Works, Willesden, London N. W. 10.

JAPY frères, Beaumont (Haut-Rhin), 7, rue du Château-d'Eau, Paris (10e).

LECOQ ET MARTIN, Acacias, près de Genève (Suisse).

LEGENDRE frères, 27, rue Saint-Fargeau, Paris (20e).

LOGUT (Établissements H.), 7-9, cité Delassalle, Lyon-Charpennes (Rhône).

LORAS (Transformateur Ferrix), Valrose, Nice (Alpes-Maritimes).

L. P. S. ELECTRICAL COMPANY, 14, Howick Place, Westminster, Londres (Angleterre).

MALJOURNAL ET BOURRON, 128, avenue Thiers, Lyon (Rhône).

MANUFACTURE D'APPAREILLAGE ELECTRIQUE SPÉCIAL Trévoux (Ain).

MOVO S. A., 10, rue du Jura, Vevay (Suisse).

PARIS-RHONE, 41, rue du Chemin-de-Saint-Priest, Lyon-Monplaisir (Rhône), et 10, rue Auber, Paris (9e).

PATAY (Constructions électriques), 48, rue Corne-de-Cerf, Lyon (Rhône).

PICHON-PACAULT, 20, rue du Télégraphe, Paris (20e).

SAUTER (Fabrique d'appareils électriques), Bâle (Suisse).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES Belfort (Haut-Rhin), et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ D'ELECTRICITÉ MORS, 28, rue de la Bienfaisance, Paris (8e).

SOCIÉTÉ GRAMME, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES, 25, rue du 4-Septembre (2e).

THOMSON-HOUSTON (Compagnie française pour l'exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

VEDOVELLI ET PRIESTLEY, 14, rue Taitbout, Paris (9e).

WESTINGHOUSE, 7, rue de Liége, Paris (9e).

WITTMER (G.), Seloncourt (Doubs).

Charbons pour Balais et Lampes électriques.

COMPAGNIE DES CHARBONS FABIUS HENRION, 56, faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

COMPAGNIE FRANÇAISE DES CHARBONS POUR L'ÉLECTRICITÉ, avenue Jules-Quentin, Nanterre (Seine).

COMPAGNIE GÉNÉRALE ELECTRIQUE DE NANCY, rue Oberlin, Nancy (M.-et M.)

LE CARBONE, 12 et 33, rue de Lorraine, Levallois (Seine).

Condensateurs.

BERTHOUD-BOREL (Société Française des Câbles, Système), 41, chemin du Pré-Gaudry, Lyon (Rhône).

MANUFACTURE D'APPAREILLAGE ELECTRIQUE SPÉCIAL, 7, rue Mazagran, Lyon (Rhône).

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DE CONDENSATEURS ELECTRIQUES, Fribourg (Suisse) et 73, rue Notre-Dame-des-Champs, Paris (6e).

Digitized by Google

VARRET ET COLLOT (Société des Établissements), 7, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

Construction électrique et mécanique.

AEBI (F.), à Zurich-Altstetten (Suisse).

ASEA (Société Suédoise d'électricité), Vasteras (Suède), 54, faubourg Montmartre, Paris (9e).

ATELIERS ELECTRIQUES DE SAINT-OUEN, 13, rue de Clichy (Saint-Ouen).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DU NORD ET DE L'EST, JEUMONT (Nord), 75, boul. Haussmann, Paris 8e).

BONNET-SPAZIN (Ateliers), 11, quai de l'Industrie, Lyon (Rhône).

BOUCHAYER ET VIALLET (Etablissements), 105, cours Berriat, Grenoble (Isère).

BRÉGUET (Maison), 34, rue de Châteaudun, Paris (9e).

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ELECTRICITÉ, 54, rue La Boetie, Paris (8e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE ELECTRIQUE DE NANCY, rue Oberlin, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES, 22, quai de la Bataille, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE (Société de), 67, rue Molière, Lyon (Rhône).

CORRIE (J.-B.) et Cie, 15, Victoria Street, Londres et 56, rue du Faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

COUFFINHAL (L.), 60, rue de Roanne, Saint-Etienne (Loire).

CUÉNOD (H.), (Société Anonyme), Châtelaine, près Genève (Suisse).

DELACHAUX (C.), 32, quai de Seine, Saint-Ouen (Seine).

DROUARD, 252, rue Lecourbe, Paris (15e).

ECLAIRAGE ELECTRIQUE (L'), 8, rue d'Aguesseau, Paris (8e).

ESCHER, WYSS ET Cie, Zurich (Suisse) et 39, rue de Châteaudun, Paris (9e).

FINK ET JORAS, 21, rue Edouard-Nieuport, Suresnes (Seine).

FIVES-LILLE, 64, rue Caumartin, Paris (8e).

FONDERIES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS DE FOURCHAMBAULT ET LA PIQUE, 12, rue d'Aguesseau, Paris (8e).

FORGES ET ACIÉRIES DE LA MARINE ET D'HOMÉCOURT, Saint-Chamond (Loire) et 98, rue de la Victoire, Paris (9e).

GRAMMONT (Établissements), Pont-de-Chéruy (Isère).

HEISER (G.), (Ateliers), 34, rue Carnot, Suresnes.

ISNARD (Maxence), 36, avenue d'Alsace-Lorraine, Grenoble (Isère).

JAPY, frères, Beaucourt (Haut-Rhin), 7, rue du Château-d'Eau, Paris (10e).

JULIEN FRÈRES ET PRAT, 114, cours Tolstoï, Lyon (Rhône).

LEFLAIVE ET Cie, Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (10e).

LEGENDRE Frères, 37, rue Saint-Fargeau, Paris, (20e).

OERLIKON (Société Suisse et), 9, rue Pillet-Will, Paris (9e).

PARIS-RHONE, 10, rue Auber, Paris (9e).

PATAY (Construction électrique), 48, rue Corne-de-Cerf, Lyon (Rhône).

PEUGEOT, 71, Avenue de la Grande-Armée, Paris 17e.

RENAULT (L.), 15, rue Gustave-Sandoz, Billancourt (Seine).

SAUTTER-HARLÉ (Anciens Établissements), 26, avenue de Suffren, Paris (15e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ANONYME DES USINES D'ORNANS, Ornans (Doubs).

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION ET DE LOCATION D'APPAREILS DE LEVAGE, 78, rue Vitruve, Paris (20e).

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES (GALLIA), 13, Chemin Guilloud, Lyon.

SOCIÉTÉ GRAMME, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

SOCIÉTÉ DES MOTEURS A GAZ ET D'INDUSTRIE MÉCANIQUE, 135, rue de la Convention, Paris (15e).

SOCIÉTÉ DES MOTEURS SALMSON, 3, avenue des Moulineaux, Billancourt (Seine).

THÉVENIN (J.-M.), 122-124, faubourg Saint-Martin, Paris (10e).

THOMSON-HOUSTON (Compagnie française pour l'exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

WAGNER ET Cie, 5, rue Victor-le-Laprade, Saint-Etienne (Loire).

WESTINGHOUSE (Société anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

WEYHER ET RICHEMOND (Anciens Établissements), 52, route d'Aubervilliers, Pantin.

Magnétos.

DÉESSE (Magneto), 93, route d'Heyrieux, Lyon (Rhône).

LAVALETTE, 175, avenue de Choisy, Paris (13e).

NILMELIOR (Société), 51, rue Lacordaire, Paris (15e).

Matériel neuf et d'occasion.

BOUILLET P., 156, rue de Vanves, Paris (14e).

COMPAGNIE UNIVERSELLE ELECTRIQUE, 37, rue de Bagnolet, Paris (20e).

COMPTOIR D'ACHATS DE L'INSTALLATION ÉLECTRIQUE, 5, rue d'Athènes, Paris (9e).

DORY ET GAIN, 33 et 35, rue du Mont-d'Ivry, Alfortville (Seine).

ISNARD (Maxence), 36, avenue d'Alsace-Lorraine, Grenoble (Isère).

LANGRAND (G.), Etablissements), 256 *bis*, boul. Saint-Martin, Paris 10e).

MESSMER (Alexandre), 93, boulevard Diderot, Paris (12e).

PUPAT ET Cie, 20, rue La Flize, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

ROUSSELL, 1, rue Broussais, Paris (14e).

THÉVENIN (J.-M.), 122-124, faubourg Saint-Martin, Paris (10e).

Piles électriques.

DELAFON (P.), 82, boul. Richard-Lenoir, Paris 11e).

LE CARBONE, 12 et 33, rue de Lorraine, Levallois (Seine).

THOMSON-HOUSTON (Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

MESURES ET COMPTAGE

Appareils de Mesure.

CADIOT (M.), 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).

CARPENTIER J., 20, rue Delambre, Paris (14e).

CHAUVIN ET ARNOUX, 186, rue Championnet, Paris (18e).

COMPAGNIE POUR LA FABRICATION DES COMPTEURS ET MATÉRIEL D'USINES A GAZ, 18, boul. de Vaugirard, Paris (15e).

DEMOLY, 43, rue de Trévise, Paris (9e).

GARNIER, 23-25, rue Cavenne, Lyon (Rhône).

GRAINDORGE, 4, rue du Borrego, Paris (20e).

JAQUET (James), (Société Anonyme), Bâle (Suisse).

MALJOURNAL ET BOURRON, 128, avenue Thiers, Lyon (Rhône).

Digitized by Google

Otto Billand, Saint-Imier (Suisse).

Poulenc frères (Établissements), 122, boulevard Saint-Germain, Paris (6e) et 92, rue Vieille-du-Temple, Paris (4e)

Richard (J.), 25, rue Mélingue, Paris (19e).

Société Anonyme Lombarde C.G.S. (Anciennement Olivetti et Cie), 25, rue Pasquier, Paris (8e).

Société Gramme, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

Société industrielle pour la Fabrication d'Appareils de mesure, 5, rue Gaudot-de-Mauroi, Paris (9e).

Trub, Tauber et Cie, 36, boul. de la Bastille, Paris (12e).

Westinghouse (Société anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

Compteurs électriques.

Compagnie Anonyme Continentale pour la Fabrication des Compteurs a Gaz et autres appareils, 9, rue Pétrelle, Paris (9e).

Compagnie de Construction Electrique, 44, rue du Docteur-Lombard, Issy-les-Moulineaux (Seine).

Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines a gaz, 18, boul. de Vaugirard, Paris (6e).

Garnier, 23, rue Cavenne, Lyon (Rhône).

Japy Frères et Cie, Beaucourt (Haut-Rhin) et 7, rue du Chateau-d'Eau, Paris (10e).

Landis et Gyr, 12, rue Lapeyrère, Paris (18e).

Sauver (Fabrique d'appareils électriques, Fr.), Bâle (Suisse).

Westinghouse (Société Anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

Wittmer (G.), Seloncourt (Doubs).

MATÉRIEL POUR LIGNES DE DISTRIBUTION

Câbles et Fils électriques.

Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est, Jeumont (Nord) et 75, boul. Haussmann, Paris (8e)

Berthoud, Borel et Cie, 41, Chemin-du-Pré-Gaudry, Lyon (Rhône).

Connolly Brothers ltd, Vale Mills, Blackley-Manchester (Angleterre).

Efgé (Société de fourniture générale pour l'électricité), 75, avenue de la République, Paris (11e).

Geoffroy et Delore, 28, rue des Chasses, Clichy (Seine).

Grammont (A.) (Etablissements), Pont-de-Chéruy (Isère).

India Rubber Gutta-Percha and Telegraphs Works, Persan (Seine-et-Oise).

Meng (Etablissements), 80, rue Bolivar, Paris (19e).

Pirelli et Cie, Milan (Italie).

Seghers (Ad.), 7, rue Scribe, Paris (9e).

Société Alsacienne de Constructions mécaniques, Belfort (Haut-Rhin) et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

Société Electro-Cable, 2, rue de Penthièvre, Paris (8e).

Société Electro-Métallurgique de Dives, 11 *bis*, rue Roquépine, Paris (8e).

Société Industrielle des Téléphones, 25, rue du 4-Septembre, Paris (2e).

Tréfileries et Laminoirs du Havre, 29, rue de Londres, Paris (9e).

Isolateurs et Isolants.

Cadiot (Marcel), 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).

Compagnie Générale d'Electricité, 54, rue la Boétie, Paris (8e).

Demoly (Ernest), 43, rue de Trévise, Paris (9e).

Efgé (Société de fourniture générale pour l'électricité), 75, avenue de la République, Paris (11e).

Haefely (E.) et Cie, à Bâle (Suisse).

Hartog (Etablissements Georges), 105, rue Lafayette, Paris (9e).

Jeantet Morard (P.) et Cie, Saint-Claude (Jura).

Joly (Émile) et Cie, 91, rue Lafayette, Paris (10e)

Laski (Henri), 130, avenue Parmentier, Paris (11e).

Le matériel isolant, 20, rue Arago, Lyon-Villeurbanne (Rhône).

Maljournal et Bourron (Etablissements), 128, avenue Thiers, Lyon (Rhône).

Manufacture d'isolants du rhone, rue Bouchet, Villeurbanne (Rhône).

Parvillée Frères (Anciens Etablissements), 56, rue de la Victoire, Paris (9e).

Pirelli et Cie, Milan (Italie).

Radiguet (H.-L.), 32, faubourg Mont-Jovis, Limoges (Haute-Vienne).

Weidmann, Rapperswil (Suisse).

Pylônes.

Bouchayer et Viallet, 145, cours Berriat, Grenoble (Isère) et 124, rue la Boétie, Paris (8e).

Joga (Régis), Grenoble (Isère).

Leflaive et Cie (Forges et Aciéries de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

Société d'Application du Béton Armé, 26 *bis*, rue d'Astorg, Paris (10e).

INSTALLATIONS ET ENTREPRISES ÉLECTRIQUES

Compagnie d'Entreprises Hydrauliques et Travaux Publics, 90, rue de la Victoire, Paris (9e).

Compagnie générale d'Entreprises électriques, 20, rue du Laos, Paris (15e) et 295, avenue Jean-Jaurès, Lyon (Rhône).

Compagnie Générale de Travaux d'Éclairage et de Force (Anciens Etablissements Clémançon), 23, rue Lamartine, Paris (9e).

Corrie (J.-B.) et Cie, 15, Victoria Street, Londres (Angleterre), et 56, rue du Faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

Devilaine et Rougé (Établissements), 4, rue Casimir-Delavigne, Paris (6e).

Électro-Entreprise, 46, rue du Rocher, Paris (8e).

Calopin et Cie, 3, boulevard James-Fazy, Genève (Suisse).

Heysé (Ch.-F.), 93, rue de l'Hôtel-de-Ville, Lyon (Rhône).

Société Centrale d'Entreprises, 11 et 13, rue de Belsunce, Paris (10e).

Société d'Electricité Mors, 28, rue de la Bienfaisance (8e).

Société Générale d'Entreprises, 56, faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

Société des Grands Travaux de Marseille, 90, rue de la Victoire, Paris (9e).

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

ÉCLAIRAGE ET CHAUFFAGE

Compagnie des Charbons Fabius Henrion, 56, faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

Compagnie Française pour la Fabrication des Lampes électriques a Incandescence, 36, rue Godot-de-Mauroi, Paris (9e).

Compagnie Générale d'Electricité, 54, rue la Boétie, Paris (8e).

Eyquem (Société de la Dynamo Phare), 112, rue de Cormeille, Levallois (Seine).

Digitized by Google

GRAMMONT (Etablissements A.), Pont-de-Chéruy (Isère).

LACARRIÈRE (Société), 48, rue de la Victoire, Paris (9e).

THOMSON-HOUSTON (Société Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

VISSEAUX (J.), 87, quai Pierre-Scize, Lyon (Rhône).

WESTINGHOUSE COOPER HEWITT, 11, rue du Pont, Suresnes (Seine).

WESTINGHOUSE (Société Anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

Accessoires pour l'Éclairage.

DARSSES (Établissements A.), 34, 51, 53, rue La Fayette-de-Montbadon, Bordeaux (Gironde).

EFGÉ (Société de fourniture générale pour l'Électricité), 75, avenue de la République, Paris (11e).

GIRARDIN (A.), 29, rue Grange-aux-Belles, Paris (10e).

HEDIGER (Jean), 47, rue de Paradis, Paris (10e).

HELDT-DEYDIER ET Cie, 2, rue de la République, Lyon (Rhône).

METTETAL (Emile), 17 et 19, rue Beautreillis, Paris (4e).

Chauffage et Cuisine électriques.

CALOR (Société), 200, rue Boileau, Lyon (Rhône).

FOX (Georges), 24, rue Victor-Hugo, Lyon (Rhône).

GENERAL ÉLECTRIC DE FRANCE Ltd, 10 et 12, rue Rodier (9e).

HEDIGER, 47, rue de Paradis, Paris (10e).

PARVILLÉE FRÈRES (Anciens établissements), 56, rue de la Victoire, Paris (9e).

ROOKE (H. et R.), 29, rue du Château, Neuilly-sur-Seine (Seine).

ÉLECTROCHIMIE ET ELECTROMÉTALLURGIE

BONNET-SPAZIN (Ateliers), Lyon (Rhône).

GRAMMONT (A.), (Etablissements), Pont-de-Chéruy (Isère).

MALJOURNAL ET BOURRON (Etablissements), 128, avenue Thiers, Lyon (Rhône).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ DES CARBURES MÉTALLIQUES, Notre Dame de-Briançon et Saint-Avre-la Chambre (Savoie)

THOMSON-HOUSTON (Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

LEVAGE ET MANUTENTION

Appareils de levage et de manutention.

ALLEN WEST AND Co, LTD, Lowes Road, Brighton (Angleterre).

ASEA Société Suédoise d'électricité), Vasteras (Suède), 54, faubourg Montmartre, Paris (9e).

COMPAGNIE ÉLECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

CORRIE (J.-B.) ET Cie, 15, Victoria Street, Londres (Angleterre, et 56, rue du Faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

COUFFINHAL, Saint-Etienne (Loire).

DIEMER (Ateliers), 9, quai René-II, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

FIVES-LILLE (Compagnie de), 64, rue Caumartin, Paris (8e).

FONDERIES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS DE FOURCHAMBAULT ET LA PIQUE, 12, rue d'Aguesseau, Paris (8e).

HEYSÉ (Ch.-F.), 93, rue de l'Hôtel-de-Ville, Lyon (Rhône).

JOYA (Régis), Grenoble (Isère).

LEFLAIVE ET Cie, Saint-Etienne, 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

OERLIKON (Société), 9, rue Pillet-Will, Paris (9e).

PONTILLE, 13, rue des Tournelles, Lyon (Rhône).

SAUTTER-HARLÉ, 26, avenue de Suffren, Paris (15e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION ET DE LOCATION D'APPAREILS DE LEVAGE, 78, rue Vitruve, Paris (20e).

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES « GALLIA », 13 et 15, Chemin Guilloud, Lyon (Rhône).

SOCIÉTÉ GRAMME, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

THOMSON-HOUSTON (Compagnie française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

TRANSPORTEURS SIMPLEX (Compagnie des), 43, rue Lafayette, Paris (9e).

WESTINGHOUSE (Société anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e)

MINES

Matériel pour Mines.

ARBEL (Etablissements), 24, rue du Rocher, Paris (8e).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DU NORD ET DE L'ÉST, Jeumont (Nord) et 75, Boul. Haussmann, Paris (8e).

CORRIE (J.-B.), ET Cie, 15, Victoria-Street, Londres (Angleterre) et 56, rue du Faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

COMPAGNIE ÉLECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

COUFFINHAL (Laurent), Saint-Etienne (Loire).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Aciéries de la Chaléassière) Saint-Etienne (Loire), 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

THOMSON-HOUSTON (Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

WESTINGHOUSE (Société Anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

MATÉRIEL RADIOMÉTALLOGRAPHIQUE

PÉLISSÉ (F.), 7, quai Claude-Bernard, Lyon (Rhône).

PILON H. (Société Anonyme des Etablissements), 53, rue de Paris, Asnières (Seine).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE

Télégraphie.

METTETAL (Emile), 17 et 19, rue Beautreillis, Paris (4e).

THOMSON-HOUSTON (Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

Télégraphie sans fil.

CHAUDET, 21 *bis*, rue d'Armaillé, Paris (17e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE RADIOTÉLÉGRAPHIE, 65, boul. Haussmann, Paris (8e).

SOCIETA ANONIMA BREVETI A. PEREGO, 10, Via Salaino, Milan (Italie).

SOCIÉTÉ DES TÉLÉGRAPHES MULTIPLEX, 57, rue de Vanves, Paris (14e).

SOCIÉTÉ FRANÇAISE RADIO-ELECTRIQUE, 10, rue Auber, Paris (9e).

Téléphonie.

BRÉGUET (Maison), 19, rue Didot, Paris (14e).

CHAUDET (A.-L.), 21 *bis*, rue d'Armaillé, Paris (17e).

EURIEULT (Victor), 123, rue de Grenelle, Paris (7e).

MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE (Le), 46, avenue de Breteuil, Paris (15e).

Digitized by Google

METTETAL (Emile), 17 et 19, rue Beautreillis, Paris (4e).

PERNET (Albert), 16, rue des Minimes, Paris (3e).

PICART-LEBAS (Société des Téléphones, Système), 46, rue Richer, Paris (9e).

SOCIETA ANONIMA BREVETI A. PEREGO, 10, Via Salaino, Milan (Italie).

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES, 25, rue du 4-Septembre, Paris (2e).

TÉLÉPHONES LE LAS, 131, rue de Vaugirard, Paris (15e)

THOMSON-HOUSTON (Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

TRACTION

Traction électrique.

ASEA (Société Suédoise d'Electricité), Vasteras (Suède), et 54, faubourg Montmartre, Paris (9e).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DU NORD ET DE L'EST, Jeumont (Nord) et 75, boulevard Haussmann, Paris (8e).

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

DELACHAUX (C.), 32, quai de Seine, Saint-Ouen (Seine).

FIVES-LILLE (Compagnie de), 64, rue Caumartin, Paris (8e).

FONDERIES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS DE FOURCHAMBAULT ET LA PIQUE (Société des), 12, rue d'Aguesseau, Paris (8e).

HILLAIRET ET HUGUET, 22, rue Vicq-d'Azir, Paris (10e).

OERLIKON (Société), 9, rue Pillet-Will, Paris (9e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris, (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES Belfort (Haut-Rhin) et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

THOMSON-HOUSTON (Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

WESTINGHOUSE (Société Anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

Appareillage pour la Traction.

DEMOLY (Ernest), 43, rue de Trévise, Paris (9e).

MALJOURNAL ET BOURRON (Etablissements), 128, rue Thiers, Lyon (Rhône).

VEDOVELLI ET PRIESTLEY, 14, rue Taitbout, Paris (9e).

Matériel roulant pour Chemins de fer.

ACIÉRIES ET FORGES DE FIRMINY (Société Anonyme des), 79, rue de Monceau, Paris (8e).

ARBEL (Etablissements), 24, rue du Rocher, Paris (8e).

FIVES-LILLE (Compagnie), 54, rue Caumartin, Paris (8e).

PIDWELL (A.-W.), 23, boulevard Malesherbes, Paris (8e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

Signaux et Enclenchement pour Chemins de Fer.

SOCIÉTÉ D'ELECTRICITÉ MORS, 28, rue de la Bienfaisance, Paris. (8e).

MACHINES MOTRICES

MACHINES HYDRAULIQUES

Conduites forcées.

BONNET-SPAZIN (Ateliers), Lyon (Rhône).

BOUCHAYER ET VIALLET, 155, Cours Berriat, Grenoble (Isère).

JOYA (Régis), Grenoble (Isère).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e)

SINGRUN, Galbey, près Epinal (Vosges).

Turbines hydrauliques.

ESCHER, WYSS ET Cie. Zurich (Suisse) et 39, rue de Châteaudun, Paris (9e).

LABÉGUERIE FRÈRES. Dax (Landes).

SINGRUN, Galbey, près Epinal (Vosges).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

MACHINES A GAZ A EXPLOSION ET A COMBUSTION INTERNE

Gazogènes.

DIÉNY ET LUCAS, 50, rue Taitbout, Paris (9e).

SOCIÉTÉ DE MOTEURS A GAZ ET D'INDUSTRIE MÉCANIQUE, 13, rue de la Convention, Paris (15e).

STEIN ET Cie (Ch.-M.), 3, rue d'Edimbourg, Paris (8e).

Moteurs.

COMPAGNIE FRANÇAISE DES MOTEURS « NATIONAL », 138, boulevard Richard-Lenoir (11e).

DELAUNAY-BELLEVILLE (Etablissements), St-Denis (Seine).

DIÉNY ET LUCAS, 50, rue Taitbout, Paris (9e).

KATER ET ANKERSMIT, 39, avenue de Villiers, Paris (17e).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière, Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

PEUGEOT (Société anonyme des Automobiles et Cycles), 71, avenue de la Grande-Armée, Paris (17e).

RENAULT (L.), 15, rue Gustave-Sandoz, Billancourt (Seine).

SALMSON (Société des Moteurs), Billancourt (Seine).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ DE MOTEURS A GAZ ET D'INDUSTRIE MÉCANIQUE, 135, rue de la Convention, Paris (15e).

SOCIÉTÉ DES MOTEURS CHALÉASSIÈRE, Saint-Etienne (Loire).

WESTINGHOUSE (Société anonyme), 7, rue de Liége, Paris (8e).

MACHINES A VAPEUR

Chaudières.

BONNET-SPAZIN (Ateliers), Lyon (Rhône).

BOUCHAYER ET VIALLET, 155, Cours Berriat, Grenoble (Isère).

DELAUNAY-BELLEVILLE (Etablissements), St-Denis (Seine).

ESCHER, WYSS ET Cie. Zurich (Suisse), 32, rue de Châteaudun, Paris (9e).

FONDERIES ET ATELIERS DE LA COURNEUVE, 6, rue de Laferrière, Paris (9e).

JOYA (Régis), Grenoble (Isère).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Aciéries de la Chaléassière) Saint-Etienne, 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

Accessoires pour chaudières.

FOYERS AUTOMATIQUES (Société Anonyme des), 31, place Saint-Ferdinand, Paris (17e).

HOPKINSON ET Cie LTD, Huddersfield (Angleterre) et 94, rue Saint-Lazare, Paris (9e).

Digitized by Google

THOMSON-HOUSTON (Compagnie Française pour l'exploitation des Procédés), 10 rue de Londres, Paris (9e).

Brûleurs pour chaudières.

STEURS (J.), 10, boulevard de la Coke, Lyon, Villeurbanne (Rhône).

WAURE (Roger) ET Cie (Brûleurs Oméga), 78, rue de Miromesnil, Paris (8e).

Tirage mécanique.

LEROY (Etablissements), 30, rue Berthollet, Paris (5e).

PRAT (L.), 29, rue de l'Arcade, Paris (8e).

Machines à vapeur.

BONNET-SPAZIN (Ateliers), Lyon (Rhône).

DELAUNAY-BELLEVILLE (Etablissements), à Saint-Denis (Seine).

FIVES-LILLE (Compagnie de), 54, rue Caumartin, Paris (8e).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

SAUTTER HARLÉ (Anciens Etablissements), 26, avenue de Suffren, Paris (15e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 4, rue de Vienne, Paris, (8e).

WEYHER ET RICHEMOND (Anciens Etablissements), 52, route d'Aubervilliers, Pantin (Seine).

Turbines à vapeur.

BRÉGUET, 19, rue Didot, Paris (14e).

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

CORRIE (J.-B.) ET Cie, 15, Victoria Street, Londres (Angleterre), et 56, rue du Faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

ESCHER, WYSS ET Cie, 39, rue de Châteaudun, Paris (9e).

FIVES-LILLE (Compagnie), rue Caumartin, Paris (8e).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

OERLIKON (Société Suisse), 9, rue Pillet-Will, Paris (9e).

SAUTTER-HARLÉ, 26, avenue de Suffren, Paris (15e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

THOMSON-HOUSTON (Société Française pour l'Exploitation des Procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

WESTINGHOUSE (Société Anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

MATIÈRES PREMIÈRES ET OUTILLAGE

Courroies et Transmission.

MOMPLET-PUJOL, 54, rue du Château-d'Eau, Paris.

PUPAT ET Cie, 20, rue La Flize, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

WANNER (Etablissements), 67, avenue de la République, Paris (11e).

WYSS ET Cie, Seloncourt (Doubs).

Décolletage.

METTETAL (E.), 17, rue Beautreillis, Paris (4e).

WITTMER (G.), Seloncourt (Doubs).

ZISSET ET PERRELET, 15, rue Bel-Air, La Chaux-de-Fonds (Suisse).

Engrenages.

CORRIE (J.-B.) ET Cie, 15, Victoria Street, Londres (Angleterre), et 56, rue du Faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

L'ENGRENAGE, 62, rue Eugène-Muller, Saint-Etienne (Loire).

Ferrures.

GALOPIN ET Cie, 3, boulevard Hames-Fazy, Genève (Suisse).

JACQUEMARD (Jean), La Ricamarie (Loire).

JOLY (Émile) ET Cie, 91, rue Lafayette, Paris (10e).

MALJOURNAL ET BOURRON (Établissements), 218, avenue Thiers, Lyon (Rhône).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris, (8e).

Fours Industriels.
Matériel pour Forges et Fonderies.

ATELIERS « AIR ET FEU », Argenteuil (Seine-et-Oise).

MÉKER (G.) ET Cie, 105, boulevard de Verdun, Courb voie (Seine).

STEIN ET Cie (Ch.-M), 3, rue d'Edimbourg, Paris (8e).

STEUSS (J.), 10, boulevard de la Côte, Lyon-Villeurbanne (Rhône).

WAVRE (Roger) ET Cie (Brûleurs Omega), 78, rue de Miromesnil, Paris (8e).

Glaces, Verres et Verrerie.

POULENC FRÈRES (Établissements), 122, boulevard Saint-Germain, Paris (6e) et 92, rue Vieille-du-Temple, Paris (4e).

L. TAULIN ET Cie, 7, rue de Nemours, Paris (11e).

Huiles pour Machines et Appareils Électriques.

BUSSILLER (J.), 45, rue Raoul-Servant, Lyon (Rhône).

POULET ET FAYART, 16, rue Halévy, Paris (9e).

VACUUM OIL ET Cie, 31, rue du Louvre, Paris (2e).

Machines-outils, Outillage.

ACIÉRIES ET FORGES DE FIRMINY (Société Anonyme des), 79, rue de Monceau, Paris (8e).

AEBI (Frédéric), Zurich Altstetten (Suisse).

BLISS ET Cie, 6, rue des Ateliers, Saint-Ouen (Seine).

BOISSELOT (Ateliers Ch.), 104, rue Castagnary, Paris (15e).

CADIOT (Marcel), 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).

COMPAGNIE FRANÇAISE NATIONALE, 138, boul. Richard-Lenoir, Paris (11e).

COUFFINHAL, Saint-Etienne (Loire).

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE (L'), 8, rue d'Aguesseau, Paris (8e).

ELECTRICITÉ ET ÉLECTROMÉCANIQUE, 17, rue Dieu, Paris (10e).

ERNAULT (H.), 169, rue d'Alésia, Paris (14e).

FABRIQUE PARISIENNE DE MÈCHES AMÉRICAINES ET D'OUTILLAGE DE PRÉCISION, 33, avenue Victor-Hugo, Paris (16e).

FENWICK FRÈRES ET Cie (Société Anonyme des Établissements), 8, rue de Rocroy, Paris (10e) et 112, boulevard des Belges Lyon (Rhône).

GMUR ET Cie, Schaenis (Suisse).

JOLY (Émile) ET Cie, 91, rue Lafayette, Paris (10e).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

MEYKE (E.), 18, quai Saint-Jean, Genève (Suisse).

PIDWELL (A.-W.), 23, boulevard Malesherbes, Paris (8e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SCHUTZ (Maison), Myon (Suisse).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ANONYME ALFRED HERBERT, 47, boulevard Magenta, Paris (10e).

SOCIÉTÉ DES MOTEURS SALMSON, Billancourt (Seine).

S. O. M. U. A. (Société d'Outillage Mécanique et d'Usinage d'Artillerie), 19, avenue de la Gare, Saint-Ouen (Seine).

Digitized by Google

THUM (Max), 11, rue Coulouvrenières, Genève (Suisse).
VOUMARD (Albert), Tramelan (Suisse).
WAGNER ET Cie, 5, rue Victor-de-Laprade, Saint-Etienne (Loire).

Meules à rectifier.

DURRSCHMIDT (G.) ET Cie, 5, rue des Dahlias, Lyon (Rhône).

Métallurgie.

ACIÉRIES DE CHAMPAGNOLE, La Courneuve (Seine) et Champagnole (Jura).
ACIERIES ET FORGES DE FIRMINY (Société Anonyme des), 79, rue de Monceau, Paris (3e).
ARBEL, 24, rue du Rocher, Paris (8e).
COLLINET (Fonderies), 29, rue des Montibœufs, Paris (20e).
COLLINET (Maison), 9, rue Denfert-Rochereau, Paris (14e).
COMPTOIR INDUSTRIEL D'ETIRAGE ET PROFILAGE DES MÉTAUX 107, 109, 111, 113, avenue Philippe-Auguste, Paris (11e).
CORRIE (J.-B.) ET Cie, 15, Victoria Street, Londres (Angleterre), et 56, rue du Faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).
A. DURENNE (Société anonyme des établissements métallurgiques), 26, rue du Faubourg-Poissonnière, Paris (9e).
FONDERIES HAVRAISES, 40, rue Demidoff, Le Havre.
GIROD (Paul), (Compagnie des Forges et Aciéries électriques), Ugines (Savoie).
PIDWELL (A.-W.), 23, boulevard Malesherbes, Paris (8e).
RICHARD (Fonderie L.), 6, Impasse Mont-Louis, Paris (11e).
THIRIET (Victor), 4, rue des Callais, Ermont (Seine-et-Oise).

Métaux électrolytiques.

GIROD (Paul) (Compagnie des Forges et Aciéries électriques). Ugines (Savoie).
SOCIÉTÉ D'ELECTRO-MÉTALLURGIE DE DIVES, 11 *bis*, rue Requépine, Paris (8e).
SOCIÉTÉ ÉLECTRO-MÉTALLURGIQUE FRANÇAISE, Froges (Isère) et 109, boulevard Haussmann, Paris (8e).

Peintures.

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DES PEINTURES FERROSOTER, 2, rue Corneille, Marseille (Bouches-du-Rhône).

Produits chimiques.

POULENC FRÈRES (Établissements), 122, boulevard Saint-Germain, Paris (6e) et 92, rue Vieille-du-Temple, Paris (4e)
SOCIÉTÉ D'ELECTRO-CHIMIE, 2, rue Blanche, Paris (9e).

Ressorts.

GUILLOTTE, 2, cours des Chartreux, Lyon (Rhône).
MONIER (Ateliers P.), 7, rue Mont-Louis, Paris (11e).

Roulements à billes.

SOCIÉTÉ S. K. F., rue de la Gare, Levallois (Seine).

Soudure autogène.

GIRET (A.) ET Cie, 61 et 63, boulevard Victor, Paris.

Soudure électrique.

LA SOUDURE ÉLECTRIQUE, 40, boulevard Auguste-Blanqui, Paris (13e).

Ventilateurs et Machines soufflantes.

CADIOT (Marcel), 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).
COMPAGNIE ÉLECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).
CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES, 22, quai de la Bataille, Nancy (Meurthe-et-Moselle).
COUFFINHAL (Laurent), Saint-Etienne (Loire).
GMUR ET Cie, Schaenis (Suisse).
LEFLAIVE ET Cie (Forges et Aciéries de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).
LEROY (Etablissements), 30, rue Berthollet, Paris (5e).
SAUTTER-HARLÉ (Anciens Etablissements), 26, avenue de Suffren, Paris (15e).
SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 4, rue de Vienne, Paris (8e).
THOMSON-HOUSTON (Société Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

DIVERS

Assurances.

LLOYD DE FRANCE, 39, rue de Cambon, Paris (1er).
F. PIEL (gendre) ET J.-A. LIÈVRE, 27, rue de Châteaudun, Paris (9e).
LE SOLEIL, 23, rue de Mogador, Paris (9e).

Renseignements commerciaux.

LEBLANC, 10, place des Victoires, Paris (2e).

Produits de Pharmacie.

GOMÉNOL (Laboratoire des produits du), 17, rue Ambroise-Thomas, Paris (9e).

Digitized by Google

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 1. — 5 JANVIER 1918.

Chronique. — Après une année d'existence, p. 1. — Bibliographie : The theory of the submarine telegraph and telephone Cable, p. 2 ; Electric traction, p. 3 ; Rapport sur la section de l'électricité à l'Exposition internationale urbaine de Lyon, p. 3 ; Les accidents du travail pendant la guerre, p. 4 ; Les usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public, p. 4.

Section scientifique et technique. — Sur les machines d'extraction à commande électrique, par F. ROBIN, p. 5. — Note sur le calcul de l'énergie absorbée dans les rhéostats de démarrage en fonction des couples moteurs et résistants et de la durée de démarrage, par F. SAINT-GERMAIN, p. 15. — Revues, analyses et informations : Les prix de l'Académie des Sciences, p. 17 ; Sur les propriétés réfractaires de la silice, p. 19.

Section industrielle. — Quelques remarques sur le fontionnement en parallèle de transformateurs statiques, p. 21. — Revues, analyses et informations : Sur le fractionnement des chutes d'eau, p. 26 ; Emploi de la tourbe en poudre comme combustible par les chemins de fer de l'Etat suédois, p 28 ; Espacement et épaisseur des balais, p. 29 ; Relais pour lignes à haute tension, p. 30 ; Les tracteurs électriques dans les services municipaux, p. 33 ; Notes pratiques : Dispositif de connexion rapide pour essais en cours de fonctionnement, p. 34.

Section économique et financière. — A propos de « Houille blanche, une solution ouvrière » par R. LEGOUEZ, p. 35. — Assemblées générales : Tréfileries et laminoirs du Havre, p. 37 ; Banque Française pour le commerce et l'industrie, p. 38

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : La revision de la législation des établissements dangereux, insalubres et incommodes, p. 39 ; Arrêté modifiant l'article 30 de l'arrêté du 27 octobre 1900, modifié et complété par les arrêtés des 28 février 1913 et 15 janvier 1917 relatif aux frais accessoires, p. 40 ; Arrêté prorogeant jusqu'au 1er février 1918 le délai pour la déclaration des biens et intérêts en pays ennemis et occupés, p. 40 ; Décret suspendant pendant la durée de la guerre pour la fixation des frais accessoires, les formalités de l'instruction préalable à l'autorisation de prix nouveaux, p. 40.

Après une année d'existence. — Une vieille tradition veut que le début de chaque année nouvelle soit l'occasion d'échanger remerciements, vœux et souhaits et de jeter un coup d'œil rapide sur les résultats de l'année écoulée.

Les premiers vœux que nous formons sont dans tous les cœurs : ils s'inspirent de notre amour pour le Droit et pour la Science, et s'adressent à la Patrie et à l'Industrie française.

Mais nous profiterons aussi de la tradition pour remercier publiquement ici tous ceux qui, à des titres divers, nous ont aidé à réaliser, dans la mesure où le permettent les circonstances actuelles, le programme que se sont proposé les fondateurs de cette revue, programme que l'un d'eux a exposé dans son premier numéro et qui peut être résumé dans ces termes : faire de la « Revue générale de l'Électricité » un organe technique, largement ouvert à tous, et susceptible, par son importance, d'apporter une contribution efficace au développement de la science et de l'industrie électriques françaises. Nous exprimons donc notre sincère gratitude aux présidents et membres de notre Conseil d'administration et de notre Comité de rédaction qui, avec la plus grande largeur de vues, ont bien voulu nous prodiguer leur concours ; à nos collaborateurs, dont beaucoup n'ont pas hésité à consacrer à la rédaction d'articles ou d'analyses les quelques loisirs que leur laissent leurs fonctions militaires ou leurs occupations professionnelles, convaincus qu'ils sont de servir ainsi la cause publique pour l'après-guerre ; à nos lecteurs qui, à maintes reprises, nous ont montré tout l'intérêt qu'ils portent à la prospérité de la « R. G. E. » par les suggestions qu'ils nous ont adressées ; enfin, à nos annonciers qui, en ne nous marchandant pas leur appui, nous ont permis de surmonter les difficultés financières résultant de l'augmentation continue des prix de la main-d'œuvre et des matières premières.

Qu'il nous soit également permis de souhaiter la bienvenue à un nouveau collaborateur, M. Alfred Soulier, qui assumera dorénavant les fonctions délicates de Rédacteur en chef de la « Revue générale de l'Électri-

Digitized by Google

cité ». Élève d'Hospitalier à l'École de physique et de chimie, son secrétaire à la rédaction de « L'Industrie électrique » de 1897 à 1907, Rédacteur en chef de ce journal depuis 1908 jusqu'à ce jour, M. Soulier représentera à la « R. G. E. » les saines traditions du journalisme technique si bien mises en pratique par Hospitalier.

Dans ces derniers mois, notre Comité de rédaction a perdu deux de ses membres : le capitaine de frégate Tissot, l'un des pionniers de la télégraphie sans fil, enlevé par une cruelle maladie contractée au cours de missions concernant la chasse aux sous-marins ennemis; Daniel Bellet, le savant économiste, victime du surmenage qu'il s'était imposé en vue d'apporter sa contribution à la lutte économique de l'après-guerre. Des notices nécrologiques ont fait connaître à nos lecteurs les travaux de ces deux collaborateurs (1).

Nous avons aussi à déplorer quelques décès parmi les administrateurs et ingénieurs des sociétés qui ont participé à la fondation de la « Revue générale de l'Électricité »; ceux de Louis Clerc, Alexis Cance, Adrien Badin, Maurice Piaton, Émile Harlé, Émile Javaux, auxquels nous avons consacré des notices nécrologiques (2).

Rappelons également avec un souvenir ému les noms des savants et ingénieurs qui ont été récemment enlevés à la science et dont les travaux ont été signalés dans ces colonnes : Angelo Batelli, Joseph Riban, Henri Bazin, Birkeland, Turettini (3), ainsi que celui du physicien allié Duddell, ancien président de l'Institution of Electrical Engineers, décédé il y a seulement quelques semaines, et dont une notice rappellera les travaux.

Il n'est pas dans nos intentions de dresser le bilan de la rédaction de la « R. G. E. », la période actuelle ne pouvant, en raison des circonstances, n'être considérée que comme une période de mise en train. Nous signalerons seulement que les 2080 pages de texte principal qui forment les deux volumes de cette année contiennent : plus de 250 articles originaux relatifs à la science, à la technique, à l'économie et la législation industrielles; environ 500 analyses de travaux français ou étrangers; près de 250 comptes rendus des assemblées générales des sociétés industrielles et financières françaises; un nombre considérable de documents législatifs. Quant aux 416 pages des fascicules de « Documentation », ils ne renferment pas moins de 4000 analyses plus ou moins étendues des travaux intéressant les électriciens qui ont été publiés au cours de l'année. Enfin, les 156 pages que forment les fascicules de l' « Union des syndicats de l'Électricité » ont permis aux lecteurs non affiliés à ces syndicats de se tenir au courant de leurs travaux et de leurs décisions. La publication de ces quatre volumes dans les circonstances actuelles n'a pas été sans soulever d'assez nombreuses difficultés, surtout au point de vue matériel de l'approvisionnement en papier et de l'impression. Nous prions donc nos lecteurs de nous excuser s'ils n'ont pas encore reçu les tables des matières du tome I; elles sont actuellement sous presse.

Nous chercherons à réaliser, en 1918, certaines améliorations de détail que des lecteurs ont bien voulu nous suggérer. Qu'ils nous permettent de leur rappeler le souhait que nous formulions ici il y a un an : que nos lecteurs collaborent eux-mêmes à la rédaction de la « R. G. E. », soit par l'envoi d'articles et d'informations, soit en nous adressant les renseignements que nous leur demandons, soit, enfin, en nous faisant connaître leurs désirs. Une telle collaboration est indispensable à la prospérité de notre Revue et nous souhaitons qu'elle devienne chaque jour plus intime au cours de la nouvelle année.

J. Blondin.

Bibliographie : **The Theory of the Submarine Telegraph and Telephone Cable**, par H.-W. Malcolm, membre de la Société de physique de Londres et de l'Institution of Electrical Engineers (1). — Dans le premier chapitre de cet ouvrage intitulé : « Théorie du câble telegraphique et téléphonique sous-marin », l'auteur a eu l'excellente idée de donner une récapitulation précise et condensée de ce qu'il faut savoir de mathématiques pures pour comprendre cette théorie. Il a fait un grand usage des courbes représentatives qu'il ne manque pas de préciser numériquement. Il aborde ensuite la définition des constantes fondamentales des câbles : résistance, inductance, capacité, pertes, électrisation d'un condensateur et absorption, et passe à l'exposé des phénomènes temporaires et périodiques dont un câble peut être le siège. Tout ceci sert en quelque sorte d'introduction à l'étude proprement dite, qui commence au chapitre IV par l'équation télégraphique et sa solution périodique; on passe ensuite aux méthodes de charge des cables; les exemples concrets ne manquent pas : le câble anglo-français de 1910, le câble du lac de Constance, le câble anglo-belge, etc., et des exemples de calcul sont donnés, copieusement illustrés de courbes et de tableaux. Continuons à feuilleter le livre : voici une étude des discontinuités et réflexions, dans laquelle on trouve des considérations sur la variation d'impédance avec la longueur d'un câble, l'impédance d'un câble court, les conditions de symétrie et les divers cas qui peuvent être envisagés quant aux extrémités de câbles : câbles avec prolongements d'un côté ou des deux côtes; câbles avec appareillage aux extrémités ou au milieu; remarquons le dernier paragraphe de ce chapitre : application à la pratique. Vient ensuite un chapitre consacré aux mesures des courants alternatifs; on y trouve la description et la théorie du galvanomètre à vibration, du pont d'induction mutuelle, des mesures à effectuer sur les cables terminés, des ampèremètres à haute fréquence, et du potentiomètre à courants alternatifs Drysdale-Tinsley. Le tout se termine par une comparaison

(1) *Revue generale de l'Electricite*, 3 novembre et 15 décembre 1917, t. II, p. 681 et 921.

(2) *Revue générale de l'Électricité*, 17 février, t. I, p. 241; 3 mars, t. I, p. 322; 10 mars, t. I, p. 362; 7 juillet, t. II, p. 1; 21 juillet, t. II, p. 81; 27 octobre, t. II, p. 641.

(3) *Revue generale de l'Electricite*, 31 mars, t. I, p. 482; 19 mai, t. I, p. 761; 2 juin, t. I, p. 841; 28 juillet, t. II, p. 121; 11 août, t. II, p. 201.

(1) Un volume, 22 × 15 cm, 365 pages, 198 figures. *Electrician*, editeur, 1, 2 et 3, Salisbury Court, Fleet Street, London, E. C. Prix 18 shillings.

Digitized by Google

des différentes méthodes de mesure. Notons trois dessins suggestifs : le galvanomètre à vibration de Campbell, le générateur à haute fréquence de Franke et le potentiomètre à courant alternatif Drysdale-Tinsley.

Ce qui suit va être exclusivement consacré aux phénomènes purement temporaires ; le chapitre qui commence cette étude s'intitule : l'équation télégraphique et sa solution temporaire ; on y donne la solution de lord Kelvin ; puis l'auteur, parlant de la loi KR (Deux câbles sous-marins seront semblables, pourvu que les carrés de leurs longueurs varient comme les temps divisés par KR, ou encore, le temps d'une opération électrique quelconque est proportionnel à KRl^2), montre qu'elle est d'une application trop limitée, attendu qu'elle oblige à supposer le câble sans inductance et sans dispersion, ses deux extrémités étant à la terre sans appareils transmetteurs ni récepteurs ; il la généralise à la fin du chapitre de la façon suivante : deux câbles de constantes R, L, K, G et R', L', K', G' avec des appareils transmetteurs d'impédances Z_s, Z'_s et des appareils récepteurs d'impédances Z_r et Z'_r, transmettent des signaux de même forme, pourvu que

$$\frac{R'l'}{Rl} = \frac{L'l'}{Ll} = \frac{Kl}{K'l'} = \frac{Gl}{G'l'} = \mu = \frac{Z'_s}{Z_s} = \frac{Z'_r}{Z_r}.$$

En particulier, quand $L, G, L', G', Z_s, Z'_s, Z_r, Z'_r$ sont tous nuls, ces équations se réduisent à $\frac{R'l'}{Rl} = \frac{Kl}{K'l'} = \mu$ ou $KR'l'^2 = K'Rl^2$, qui est la forme la plus simple donnée ci-dessus. Nous trouvons ensuite tout un chapitre sur le rôle joué par les appareils transmetteurs et récepteurs ; un autre sur les phénomènes d'émission et l'influence des fuites et nous arrivons à la quatrième partie de l'ouvrage, intitulée : Les méthodes de la transmission télégraphique. La cinquième traite des progrès futurs de la télégraphie par câble ; citons-en quelques chapitres : la distorsion, comment elle se produit, moyens de la vaincre, le câble duplex.

Enfin, l'ouvrage se termine par neuf appendices donnant les nombres usuels, unités, etc..., les constantes de certains appareils à la fréquence de 1 000, les constantes de quelques conducteurs téléphoniques typiques, les formules de transmission téléphonique et diverses tables. Ajoutons qu'il donne aussi un grand nombres de titres d'ouvrages ou d'articles de Revue pour références. — P. V.

Bibliographie : Electric Traction, A.-T. Dover [1]. — Cet ouvrage a pour sous-titre : Traité de l'application de la puissance électrique aux tramways et aux chemins de fer. L'auteur lui-même, dans sa préface, précise la nature de son livre : « Ce livre est destiné aux ingénieurs et aux étudiants avancés ; il traite des principes relatifs à l'application de la puissance électrique à la traction. Des exemples représentatifs de la pratique moderne y sont inclus, mais on y a omis les monographies détaillées d'électrifications, qu'on trouve en abondance dans la presse technique. La bibliographie de l'appendice III indique quelles revues contiennent les descriptions des principales électrifications. On n'y a pas considéré non plus les stations génératrices et les lignes de transmission, questions qui, en somme, ont peu de rapport direct avec la traction électrique. La matière a été ainsi divisée : La mécanique du mouvement des trains, moteurs, contrôle, appareillage auxiliaire, matériel roulant, étude détaillée du mouvement, construction de la voie et des prises aériennes, systèmes de distribution et sous-stations. »

Analysons de plus près. Les trois premiers chapitres sont consacrés à des définitions, à des considérations générales sur les systèmes d'alimentation des lignes de traction, à l'analyse des courbes temps-vitesses pour différents services, au calcul de l'énergie (avec tableaux récapitulatifs très complets). L'on arrive au chapitre IV qui traite des moteurs à courant continu ; le chapitre V traite des moteurs monophasés ; le suivant, des moteurs polyphasés. Ensuite l'on trouve l'essai des moteurs de traction, divisé comme suit : 1° essais en usine, avec les subdivisions : *a*) essai commercial des moteurs de type courant ; *b*) essais spéciaux sur des moteurs nouveaux ; 2° essais en cours de service. Quatre chapitres, copieusement illustrés de photographies, de courbes et de tableaux, traitent du contrôle des moteurs de tramways et de trains. Le chapitre XII donne un aperçu de la question de la récupération de l'énergie au freinage. Deux chapitres sont ensuite consacrés à l'équipement auxiliaire des tramways et des locomotives (trolleys, résistances, coupe-circuits automatiques, frotteurs pour rails conducteurs, pantographes, compresseurs d'air, etc.). Nous abordons maintenant l'étude du matériel roulant (voitures, trucks, bogies, freins, etc.), pour tramways et service des grandes lignes ; une mention est faite des voitures complètement en acier. Signalons tout spécialement le chapitre XVII, qui contient une magistrale étude des locomotives électriques ; l'auteur distingue : les locomotives à entraînement direct, les locomotives à entraînement par engrenages, les locomotives à centre de gravité élevé et transmission par bielles. Il termine le chapitre par quelques exemples typiques de locomotives, dont, en particulier, la locomotive Brown-Boveri, de 1 500 ch, courant monophasé, des chemins de fer du Midi. Les deux chapitres suivants traitent de la résistance des trains au mouvement et des courbes de vitesse, d'accélération et de consommation d'énergie sous divers régimes de marche. Vient ensuite une étude complète de la construction et de l'équipement électrique des voies pour tous systèmes de traction. Le chapitre XXVI considère les différents systèmes d'alimentation et de distribution. Enfin, le dernier chapitre est une étude des sous-stations de conversion pour traction à courant continu.

Mentionnons les trois appendices dont les deux premiers donnent les règles du Board of Trade et de l'American Institute of Electrical Engineers ; le troisième est une bibliographie. Enfin, l'ouvrage se termine par un certain nombre d'exemples sous forme de problèmes donnés dans quelques Universités importantes d'Angleterre. — En résumé, on peut dire que cet ouvrage, copieusement illustré de graphiques et de photographies, et qui contient en outre cinq planches (locomotive monophasée Oerlikon de 2 500 ch, locomotive monophasée Oerlikon de 600 ch, locomotive monophasée Oerlikon de 800 ch, locomotive triphasée Brown-Boveri de 1 700 ch, du Simplon) sera consulté avec fruit par tous ceux qu'intéresse l'importante question de l'électrification des voies ferrées. — P. V.

Bibliographie : Rapport sur la section de l'Electricité à l'Exposition internationale urbaine de Lyon, par Eugène Dumont, docteur ès sciences, ingénieur [1]. — Le Comité de la section de l'Électricité, présidé par M. A. Go-

[1] Un volume, 22 cm × 15 cm, 667 p., 518 fig. et 5 planches. Whittaker and C°, éditeur, 2, Whitehart street, Paternoster Square. London, E. C. Prix, 18 shillings, net.

[1] Un vol., format 28 cm × 19 cm, 308 p. avec planches hors texte. Imprimerie A. Rey, 4, rue Gentil, Lyon.

Digitized by Google

dinet, vient de publier son rapport sur cette section, la section LI, qui comprenait cinq classes respectivement affectées à la houille blanche, à la production de l'électricité, au transport de l'électricité, aux emplois de l'électricité (électrochimie, électrométallurgie, etc.), enfin à la construction du matériel électrique, et qui, par conséquent, englobait toute l'industrie électrique à l'exception de l'éclairage.

La lecture de ce rapport est particulièrement intéressante. Le rapporteur ne s'est pas contenté de rappeler les origines de l'Exposition, les travaux qu'elle a exigés, les difficultés matérielles que l'ouragan ou l'incendie ont suscitées, les solennités et les fêtes qui ont accompagné son inauguration, etc. ; il n'a pas non plus considéré sa tâche comme terminée lorsque, après ces préliminaires, il a décrit les divers stands qui étaient groupés dans la section LI : il a voulu que son rapport donnât aussi un aperçu fidèle de l'état de la science et de l'industrie électriques en 1914.

Les deux chapitres qu'il consacre à cet exposé sont des plus instructifs, et dénotent une remarquable érudition. Dans les vingt-six pages de l'un d'eux, intitulé « le développement scientifique contemporain », il trouve le moyen de présenter, de façon fort claire et de manière à être compris de tout le monde, les plus hautes et les plus récentes spéculations scientifiques : théories de Maxwell, ondes hertziennes, rayons cathodiques, corpuscules électriques, principe de relativité, électron, magnéton, ionisation des gaz, effets Hertz, rayons X, phénomène de Zeemann, etc. Le chapitre consacré aux « récents progrès de l'électrotechnique » n'est d'ailleurs pas moins documenté : toutes les nouveautés techniques ou industrielles concernant l'électricité ou sa production sont passées en revue en 75 pages : turbo-alternateurs, phénomènes de résonance, convertisseurs à mercure, kénotron, les perturbations produites sur les réseaux téléphoniques, les transformateurs statiques de fréquence, la commutation, les ondes entretenues, etc.

Il convient d'ailleurs d'ajouter — et M. Dumont nous en voudrait de ne pas le faire — que pour la rédaction de ces deux chapitres le rapporteur a eu recours à des notes qui lui ont été confiées par M. Lahousse, ingénieur, professeur à l'École centrale lyonnaise. Quoi qu'il en soit de la part qu'on doive attribuer à chacun des collaborateurs, ce qui est certain c'est que l'œuvre commune est fort bien réussie et qu'elle est à lire aussi bien par les ingénieurs qui cherchent à pénétrer les mystères des théories modernes de l'électricité que par les savants qui désirent s'initier aux progrès récents de la technique.

Bibliographie : Les accidents du travail pendant la guerre, par Jean Jadé, avocat à Quimper [1]. — Ayant été, à la suite de blessures, appelé au ministère de la Guerre et chargé de l'étude des questions ouvrières, M. Jadé a pu réunir sur les accidents du travail pendant la guerre une documentation sûre et complète dont il a voulu faire profiter les intéressés en publiant cet ouvrage. Il y examine successivement et dans des chapitres distincts les cas des ouvriers mobilisés dans les usines de la Défense nationale, des ouvriers atteints au cours de leur travail par le feu de l'ennemi, des travailleurs agricoles, des ouvriers requis, des mariniers, travailleurs coloniaux, prisonniers de guerre, des militaires blessés et mutilés de la guerre, enfin, des dames employées dans les corps de troupe. Il a laissé volontairement de côté l'étude de la responsabilité des accidents survenus au personnel des chemins de fer, ce cas n'intéressant qu'un petit nombre d'administrations.

Le chapitre relatif aux « ouvriers mobilisés dans les usines de la Défense nationale » est celui qui intéresse le plus les électriciens ; c'est d'ailleurs le plus long. L'auteur y explique les raisons qui motivent la division des accidents en trois catégories : 1° ceux survenus entre le début de la guerre et le 25 juin 1915, date de la publication d'une circulaire du ministre de la Guerre concernant le règlement des accidents ; 2° ceux survenus entre cette date et celle du 17 août où fut votée une loi sur la question ; enfin, 3° ceux survenus depuis le vote de cette loi.

En écrivant cet ouvrage, M. Jadé s'est attaché à être clair, même pour ceux qui ne sont pas familiarisés avec la langue technique du droit. Il semble qu'il ait atteint son but et fait œuvre utile pour les industriels et chefs d'exploitation.

Bibliographie : Les usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public, par Paul Marcorelles, ingénieur des Ponts et Chaussées [1]. — Dans cet intéressant travail, présenté comme thèse de doctorat ès sciences politiques et économiques, l'auteur, après un exposé préliminaire de l'état de la question à la fin de 1916, en présente l'étude successivement au point de vue juridique et administratif, puis au point de vue économique et industriel ; en annexe se trouve reproduit le texte du projet de loi adopté par le Sénat en 1913 et renvoyé devant la Chambre des députés.

Dans la première partie, M. Marcorelles examine d'abord comment les droits du domaine public se trouvent protégés, puis comment on pourrait concilier les intérêts privés des industriels avec l'intérêt public ; ensuite il expose un essai personnel de solution libérale dans laquelle il y aurait identité de régime pour les cours d'eau domaniaux et privés, régime fort voisin de celui existant actuellement pour les cours d'eau non navigables ni flottables.

Dans la seconde partie, l'auteur étudie, au point de vue économique et industriel, une solution transactionnelle par modification du projet de loi adopté par le Sénat en 1913 ; il y prend successivement en considération les usines soumises à l'autorisation, puis les usines créées en vertu d'une concession.

Bien que, du fait qu'une nouvelle proposition de loi soit actuellement en discussion, l'ouvrage de M. Marcorelles ne soit déjà plus tout à fait complet sur la question de la législation de la houille blanche, sa lecture n'en est pas moins des plus instructives pour ceux qui s'intéressent à cette question d'une si grande importance pour l'avenir de notre industrie.

(1) Un volume, format 19 cm × 14 cm, 175 pages. M. Giard et E. Brière, 16, rue Soufflot, Paris (5e), éditeurs. Prix, broché, 3,50 fr.

(1) Un volume, format 25 cm × 16 cm, 231 pages.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur les machines d'extraction à commande électrique

Répartition des durées d'accélération de régime et de ralentissement dans le calcul des puissances

La libération, qu'il faut souhaiter prochaine, de nos riches départements houillers du Pas-de-Calais et du Nord — sans parler de celle du bassin ferrifère de Briey — donne à la question des machines d'extraction électriques un caractère d'actualité. Or presque tous les sièges d'extraction électriques de quelque importance sont équipés avec groupe convertisseur Léonard, avec ou sans volant de tamponnage. La transformation réalisée par le groupe grève naturellement la consommation d'énergie de la commande électrique des pertes relativement élevées dues à cette transformation. Dans l'article qui suit l'auteur cherche à réduire au minimum les pertes par effet Joule (presque toujours les plus importantes) dans les induits du moteur d'extraction et de la génératrice par une division appropriée de la durée de l'ascension en périodes d'accélération, de régime et de ralentissement.

Considérons le cas le plus simple, celui d'une machine d'extraction à tambours cylindriques. On se donne le temps T_2 de la cordée, se décomposant en T durée de l'ascension de la cage et T_1 durée des manœuvres au jour.

Nous admettrons, comme on le fait toujours dans l'étude d'un projet de machine d'extraction, que l'accélération angulaire du moteur, positive au démarrage, négative au ralentissement, est constante. Dans ces conditions, pendant la période de démarrage de durée t_1, la vitesse des cages croît proportionnellement au temps pour être V à la fin du démarrage; pendant la période suivante t_2, elle reste constante et égale à V et, pendant la période de ralentissement, elle décroît linéairement pour être nulle en fin d'ascension.

Le graphique des vitesses correspondant est représenté (fig. 1), c'est un trapèze dont l'aire $V\left(\frac{T+t_2}{2}\right)$ est égale à la profondeur e du puits.

Si la vitesse maximum V est donnée, ce qui arrive assez fréquemment, la valeur t_2 de la durée de la période de régime sera obtenue par l'équation

$$V\left(\frac{T+t_2}{2}\right) = e;$$

d'où

$$t_2 = \frac{2e}{V} - T.$$

t_1 sera choisi de telle sorte que l'accélération de mise en vitesse, mesurée par $\frac{V}{t_1}$ ne dépasse pas certaines valeurs qui varient suivant le genre du câble, l'appareil d'enroulement, etc., dans le cas de câbles ronds, en acier, on peut fixer cette valeur limite de l'accélération à 1,25 m : sec², alors que pour les câbles à section rectangulaire, en acier ou en aloès, on ne dépasse guère 1 m à 1,100 m : sec².

Lorsque, au contraire, la vitesse maximum V n'est pas donnée par l'exploitant, la division de T peut se faire d'une infinité de manières : l'ingénieur, chargé de l'étude, choisira alors, selon son appréciation personnelle, le partage qui lui paraîtra le mieux convenir.

Examinons maintenant quels sont les couples que le moteur d'extraction aura à développer :

Pendant la période d'accélération, le couple total sera

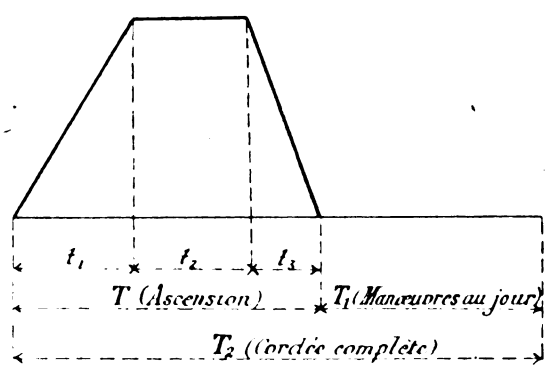


Fig. 1. — Graphique des vitesses d'une machine d'extraction à tambours cylindriques.

$C_s + C_a$, C_s désignant le couple dû aux poids suspendus ou couple statique, C_a le couple d'accélération ou couple dynamique.

Ce dernier est, lui-même, la somme de deux termes, l'un relatif aux masses à mouvement de translation C_{at}, l'autre aux masses à mouvement de rotation C_{ar}.

Si M désigne l'ensemble des masses à mouvement de translation comprenant les cages avec accessoires, le câble et la charge utile, R le rayon d'enroulement, cons-

Digitized by Google

tant puisque nous avons supposé une machine à tambours cylindriques, on a

$$C_{at} = \frac{MVR}{t_1};$$

d'autre part, PD^2 étant le moment giratoire des masses en rotation, le couple d'accélération des masses à mouvement de rotation est

$$C_{ar} = I\frac{d\omega}{dt} = \frac{PD^2}{4g}\frac{\omega}{t_1},$$

soit

$$C_{ar} = \frac{PD^2}{4gR}\cdot\frac{2\pi nR}{t_1} = \frac{PD^2}{4gR}\frac{V}{t_1},$$

n désignant le nombre de tours par seconde du moteur d'extraction pendant la période de régime.

On a donc

$$C_a = C_{at} + C_{ar} = \frac{V}{t_1}\left(MR + \frac{PD^2}{4gR}\right) = \frac{\lambda V}{t_1},$$

en posant

$$\lambda = MR + \frac{PD^2}{4gR};$$

λ n'est autre que la « masse réduite de translation » de l'ensemble des masses en mouvement de la machine d'extraction.

Le couple total à vaincre pendant la période t_1 est donc

$$C_s + \frac{\lambda V}{t_1}.$$

Pendant la période de régime, la vitesse des cages étant constante, le couple est C_s, et enfin, pendant la période de ralentissement, l'accélération devenant négative, le couple résultant qu'a à vaincre le moteur d'extraction est exprimé par

$$C_s - \frac{\lambda V}{t_3},$$

ayant la même signification que ci-dessus.

Dans le cas d'une poulie Koepe par exemple, C_s sera constant pendant toute la durée de la cordée. Le graphique des couples sera celui représenté (fig. 2), il comprend trois périodes pour chacune desquelles le couple résistant est constant.

Nous admettons, d'autre part, dans ce qui suit, que le moteur d'extraction est à courant continu, alimenté par groupe convertisseur Léonard ou un groupe compensateur à volant.

On sait que, dans ce mode de couplage, l'excitation du moteur d'extraction reste constante pendant toute la durée de l'extraction.

Le couple d'un moteur à courant continu est comme on sait

$$C = \frac{NI\Phi}{2\pi}10^{-8},$$

s'il s'agit d'un enroulement imbriqué,
ou

$$C = \frac{p}{a}\frac{NI\Phi}{2\pi}10^{-8},$$

si l'enroulement de l'induit est série-parallèle,
expressions dans lesquelles N est le nombre total de

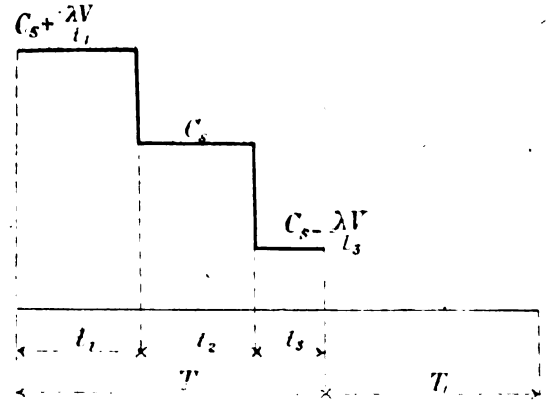


Fig. 2. — Graphique des couples résistants dans le cas d'une poulie Koepe ou d'une machine à tambours cylindriques avec câble d'équilibre.

conducteurs d'induit ; I, l'intensité ; Φ, le flux traversant l'induit.

Le flux étant constant, cette formule montre que le couple du moteur est proportionnel à l'intensité du courant induit, de sorte qu'on peut dire que le graphique des couples résistants, calculés comme il vient d'être dit, est également, à une autre échelle, celui de l'intensité dans l'induit du moteur d'extraction.

On peut dès lors voir que la répartition de T, durée de l'ascension, en t_1, t_2, t_3 n'est pas indifférente en ce qui concerne l'énergie dissipée par effet Joule dans l'induit du moteur d'extraction.

Si, en effet, tout en restant dans les limites assignées pour l'accélération, on prend t_1 petit, c'est-à-dire une accélération voisine du maximum admissible, l'intensité sera élevée, et par suite l'énergie dissipée par effet Joule, RI^2t_1, sera le produit d'une valeur RI^2 élevée par une valeur t_1 faible.

Dans l'hypothèse où l'on prendrait pour t_1 une valeur assez élevée correspondant à une accélération relativement faible, l'énergie dissipée serait le produit de RI^2 plus faible par t_1, plus grand que précédemment.

Or, de toutes les pertes dont la partie électrique d'une machine d'extraction est le siège, les plus importantes sont en premier lieu les pertes Joule dues au courant principal dans l'induit du moteur d'extraction et celui de la génératrice et, en second lieu, s'il s'agit d'un groupe

Digitized by Google

Ilgner, les pertes par glissement du moteur asynchrone que nous laisserons de côté dans cette note.

Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, dans la machine d'extraction livrée par MM. Schneider et Cie aux mines de Blanzy, pour le puits de Laugerette (1), les pertes totales par effet Joule, canalisations comprises, ont les valeurs suivantes :

Pendant la période $t_1 =$ 160 kilowatts.
Pendant la période $t_2 =$ 37 kilowatts.

pour la marche à 500 m de profondeur (puissance du moteur : 650 à 1 400 ch).

L'importance de ces pertes montre donc tout l'intérêt qui s'attache à la recherche de la division de T en t_1, t_2, t_3 qui donne le minimum d'énergie dissipée par effet Joule.

C'est la recherche de cette répartition que nous avons pour but dans ce qui va suivre, nous la faisons pour les différents genres d'appareils d'enroulements du câble qu'on rencontre dans les installations minières.

Machines à tambours cylindriques, ou poulie Koepe avec câble d'équilibre. — Dans ces machines, le couple statique C_s est constant pendant toute la durée de l'ascension ; d'autre part, les couples d'accélération sont constants pendant les périodes t_1 et t_3 :

$$C_1 = C_s + \frac{\lambda V}{t_1},$$
$$C_2 = C_s,$$
$$C_3 = C_s - \frac{\lambda V}{t_3}.$$

L'effet Joule (induit moteur, induit génératrice et canalisations) a pour valeur $\Sigma R I^2 \Delta t$ et il s'agit de le rendre minimum : cela revient donc à rechercher le minimum de $I^2 t$ ou encore, puisque I est comme nous l'avons dit proportionnel au couple, celui de

$$\left(C_s + \frac{\lambda V}{t_1}\right)^2 t_1 + C_s^2 t_2 + \left(C_s - \frac{\lambda V}{t_3}\right)^2 t_3 = C_s^2 T + \lambda^2 V^2 \left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_3}\right).$$

Le terme $C_s^2 T$ étant fixe (il ne dépend en effet que des constantes imposées pour la machine d'extraction) n'aura pas à intervenir dans les calculs.

Si V est donné, on peut voir facilement que

$$F = \lambda^2 V^2 \left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_3}\right),$$

symétrique en t_1 et en t_3, sera minimum lorsque $t_1 = t_3$.

Ainsi, si la vitesse V est donnée, le minimum de pertes d'énergie à lieu pour $t_1 = t_3$.

Admettons que V ne soit pas imposé, et recherchons, étant entendu qu'on aura pris $t_1 = t_3$ au préalable, quelle est la valeur à donner à t_1 pour assurer le minimum de F

$$F = \lambda^2 \frac{e^2}{(T - t_1)^2} \cdot \frac{2}{t_1}.$$

Le minimum correspond à $\frac{dF}{t_1} = 0$

avec

$$\frac{dF}{dt_1} = 2\lambda^2 e^2 \left[\frac{2(T - t_1) t_1 - (T - t_1)^2}{(T - t_1)^4 t_1^2}\right],$$

et a lieu pour

$$2t_1 - (T - t_1) = 0; \quad \text{soit} \quad t_1 = \frac{T}{3};$$

comme t_3 a été pris égal à t_1, on voit que le minimum de pertes Joule a lieu pour $t_1 = t_2 = t_3 = \frac{T}{3}$.

Au point de vue envisagé, la répartition la plus avantageuse correspond au partage par tiers de la durée de l'ascension.

Machines à tambours cylindriques sans câble d'équilibre. — Le couple statique C_s n'est plus constant pendant la durée de la cordée : maximum au début de celle-ci, il diminue proportionnellement au temps, de sorte que sa valeur peut s'exprimer par la formule (1)

$$C_s = C_0 - \alpha t,$$

en désignant par C_0 le couple statique au début de la cordée et par α un facteur de proportionnalité.

Les couples d'accélération, eux, restent constants.

A un facteur constant près, l'énergie dissipée par effet Joule est donc mesurée par l'expression suivante :

$$\Sigma R I^2 t = \int_0^{t_1} \left(C_0 - \alpha t + \frac{\lambda V}{t_1}\right)^2 dt + \int_{t_1}^{t_1+t_2} (C_0 - \alpha t)^2 dt + \int_{t_1+t_2}^{T} \left(C_0 - \alpha t - \frac{\lambda V}{t_3}\right)^2 dt.$$

(1) Nous donnerons prochainement la description détaillée de cette intéressante installation.

(1) La formule du couple statique $C_s = C_0 - \alpha t$ n'est rigoureuse que pendant la période de régime, elle est approximative pendant t_1 et t_3. On peut remarquer, en effet, que C_s est linéaire en fonction du déplacement vertical des cages, et que ce dernier est du second degré en t pendant les périodes t_1 et t_3. Nous conservons néanmoins l'approximation admise qui suffit habituellement, en priant le lecteur de se reporter à la formule indiquée pour C_s, ainsi qu'à la démonstration que nous donnons plus loin pour les machines à bobines, dans le cas où l'on désirerait une représentation plus exacte pour le couple statique.

Digitized by Google

Dans cette somme, on peut remarquer que

$$\int_0^{t_1}(C_0-\alpha t)^2\,dt+\int_{t_1}^{t_1+t_2}(C_0-\alpha t)^2\,dt+\int_{t_1+t_2}^{T}(C_0-\alpha t)^2\,dt=\int_0^{T}(C_0-\alpha t)^2\,dt$$

est un terme constant, quelle que soit la distribution choisie pour les temps.

Nous ne considérons donc en vue de la recherche du minimum que

$$F=\int_0^{t_1}\left[2(C_0-\alpha t)\frac{\lambda V}{t_1}+\frac{\lambda^2V^2}{t_1^2}\right]dt+$$

$$+\int_{t_1+t_2}^{T}\left[\frac{\lambda^2V^2}{t_3^2}-2(C_0-\alpha t)\frac{\lambda V}{t_3}\right]dt,$$

qui, tous calculs faits, devient

$$F=\lambda V\alpha(T+t_2)+\lambda^2V^2\left(\frac{1}{t_1}+\frac{1}{T-t_1-t_2}\right).$$

Supposons, en premier lieu, comme nous l'avons fait précédemment, que V soit donné ; dès lors t_2 est également connu puisque

$$t_2=\frac{2e}{V}-T;$$

en remplaçant t_2 par cette valeur, F prend la forme

$$F=2\lambda\alpha e+\lambda^2V^2\left(\frac{1}{t_1}+\frac{1}{T-t_1-t_2}\right).$$

Le minimum de F, pour V donné, aura lieu lorsque

$$t_1=T-t_1-t_2=t_3,$$

c'est-à-dire lorsque les durées des périodes d'accélération et de ralentissement seront égales.

Admettons maintenant que V n'étant plus fixé, on ait pris $t_1=t_3$ et recherchons quelle est la valeur à donner à t_1 pour assurer le minimum de F.

En remplaçant, dans la formule ci-dessus, V par $\frac{e}{T-t_1}$, nous obtenons pour F l'expression

$$F=2\lambda\alpha e+\frac{2\lambda^2e^2}{t_1(T-t_1)^2}.$$

Le minimum de F a lieu lorsque $\frac{dF}{dt_1}=0$, c'est-à-dire lorsque

$$2\lambda^2e^2\,\frac{(T-t_1)^2-2t_1(T-t_1)}{t_1^2(T-t_1)^4}=0;$$

la solution $T-t_1=0$ étant à rejeter a priori, il reste donc

$$T-t_1=2t_1,\quad\text{et}\quad t_1=\frac{T}{3}.$$

Le signe $\frac{dF}{dt_1}$ dans le voisinage de la valeur $t_1=\frac{T}{3}$ montre qu'il s'agit bien d'un minimum et non d'un maximum.

Ainsi la conclusion est la même que pour les machines avec câble d'équilibre : la division par tiers du temps de l'ascension correspond au minimum de pertes Joule.

Machines à bobines. — Le problème est un peu plus délicat à résoudre que pour les deux cas précédents, car on sait que, dans de telles machines, les rayons d'enroulement sont constamment variables, de sorte que leur graphique de vitesse se présente comme indiqué figure 3.

La vitesse angulaire du moteur étant supposée constante et égale à ω pendant la période de régime t_2, les

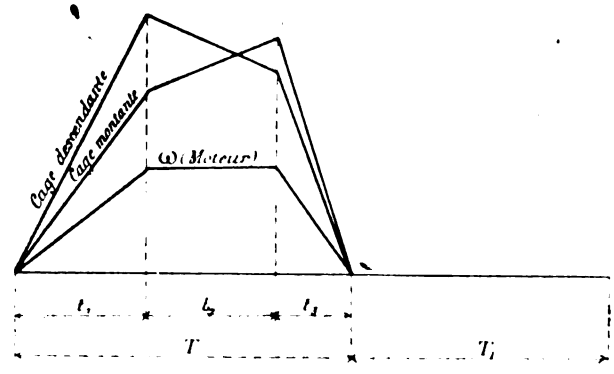


Fig. 3. — Graphique des vitesses d'une machine d'extraction à bobines.

vitesses des cages sont variables non seulement pendant t_1 et t_3, mais également pendant la période t_2 du fait de la variation continue des rayons d'enroulement.

Désignons par $2N$ le nombre de tours d'enroulement correspondant à la profondeur du puits ; on a la relation

$$\omega\left(\frac{T+t_2}{2}\right)=4\pi N,$$

ω étant exprimé en radians par seconde.

Bien entendu, nous supposerons, comme nous l'avons fait précédemment, que l'accélération angulaire est constante pendant les périodes t_1 et t_3 autrement dit, nous admettons que, pendant ces périodes, la vitesse angulaire du moteur varie proportionnellement au temps.

Couple statique C_s. — L'allure du couple statique est beaucoup plus complexe que dans les machines que nous venons d'étudier : si $\Delta C_s=C_s-M$ représente l'écart entre le couple statique à chaque instant de la cordée et la valeur de ce couple à l'instant où les deux cages se rencontrent dans le puits, on a

$$\Delta C_s=C_s-M=An-Bn^3,$$

A et B étant des constantes qu'on déterminera dans

Digitized by Google

chaque cas particulier d'apres le programme imposé pour la machine ;

n étant le nombre de tours d'enroulement compté à partir de la rencontre des cages dans le puits (n varie de $+N$ à $-N$).

Alors que B est essentiellement positif, A suivant les

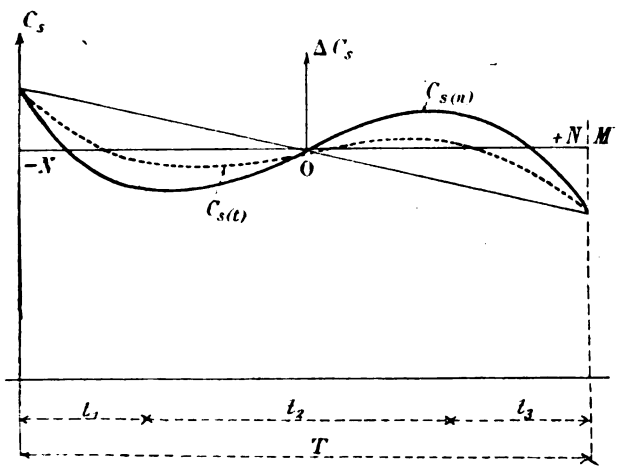


Fig. 4. — Machines d'extraction à bobines. — Courbes du couple statique pour A > O.

dimensions adoptées pour l'appareil d'enroulement peut être positif ou négatif : nous avons tracé dans ces deux cas, figures 4 et 5, la courbe de ΔC_s en fonction de n.

La meilleure solution de la question d'équilibrage des poids morts correspond naturellement à $A > o$, puisque dans cette hypothèse ΔC_s oscille de part et d'autre de M, tandis que, pour $A < o$, à partir de $n = o$

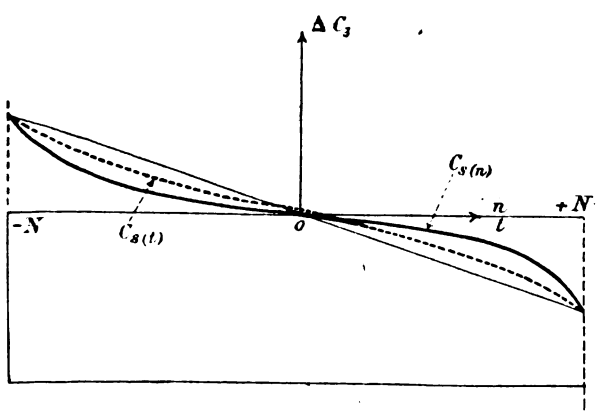


Fig. 5. — Machines d'extraction à bobines. — Courbes du couple statique A < O.

l'écart en valeur absolue va constamment en augmentant.

Pour l'étude du problème que nous avons en vue, il nous faut la valeur de C_s en fonction du temps, or n linéaire en t pendant la période t_2 peut être représenté pendant les périodes t_1 et t_3 par une expression de la forme

$$n = at + bt^2,$$

a et b étant 2 constantes ; de sorte qu'en définitive C_s est une fonction du 6° dégré en t.

Nous avons représenté également sur les figures 4 et 5 les courbes de ΔC_s en fonction du temps pour $A > o$ et $A < o$, elles ne passent par l'origine que si $t_1 = t_3$; si cette égalité n'est pas remplie, elles coupent l'horizontale M à droite de l'origine si $t_1 > t_3$ et inversement. Ces courbes dépendent donc de la distribution admise pour t_1, t_2, t_3, mais si l'on admet l'équilibrage sensiblement réalisé, c'est-à-dire $A > o$ l'écart de l'une à l'autre est assez faible pour qu'on puisse sans grande erreur le négliger devant C_s.

L'existence dans C_s d'un terme du 6ème degré en t (donc du 12ème degré dans C_s^2) conduisant à des calculs laborieux desquels il n'est pas possible de tirer une conclusion intéressante, nous emploierons pour définir C_s en fonction du temps la formule suivante :

$$C_s = C_0 - \alpha t + \beta \sin \frac{2\pi t}{T},$$

dans laquelle α et β sont deux quantités fixes et qui résulte de ce que les ordonnées de la courbe C_s peuvent être considérées comme la somme des ordonnées de la droite A B des moments en fin de cordée et de celle d'une courbe sinusoïdale de période T, comme le montrent les figures 4 et 5.

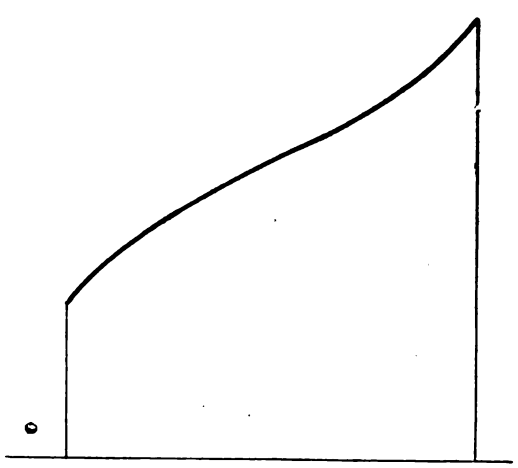


Fig. 6. — Machines d'extraction à tambours spiraloïdes. Méridienne théorique.

Nous introduisons naturellement dans nos calculs une nouvelle approximation, car la courbe périodique n'est pas rigoureusement une sinusoïde, mais l'erreur commise de ce fait est très faible (en général au-dessous de 1 pour 100 de C_s).

Digitized by Google

Couples dynamiques. — Le calcul montre que, en général, les variations de ce couple pendant les périodes t_1 et t_3 sont très faibles (2 à 3 pour 100 tout au plus) de sorte que, si λ représente la masse réduite de rotation de l'ensemble du système en mouvement, on peut écrire

$$\text{pendant la période } t_1,\ C_a = \frac{\lambda\omega}{t_1},$$

$$\text{Id.} \qquad t_3,\ C_a = \frac{\lambda\omega}{t_3}.$$

Recherche de ΣRI^2t minimum. — La perte d'énergie dans les induits du moteur d'extraction, de la génératrice et les canalisations est, à un facteur constant près, donnée par l'expression suivante :

$$\Sigma RI^2t = \int_0^{t_1}\left(C_0 - \alpha t + \beta \sin\frac{2\pi t}{T} + \frac{\lambda\omega}{t_1}\right)^2 dt + \int_{t_1}^{t_1+t_2}\left(C_0 - \alpha t + \beta \sin\frac{2\pi t}{T}\right)^2 dt + \int_{t_1+t_2}^{T}\left(C_0 - \alpha t + \beta \sin\frac{2\pi t}{T} - \frac{\lambda\omega}{t_3}\right)^2 dt.$$

La somme suivante :

$$S_1 = \int_0^{t_1}\left(C_0 - \alpha t + \beta \sin\frac{2\pi t}{T}\right)^2 dt + \int_{t_1}^{t_1+t_2}\left(C_0 - \alpha t + \beta \sin\frac{2\pi t}{T}\right)^2 dt + \int_{t_1+t_2}^{T}\left(C_0 - \alpha t + \beta \sin\frac{2\pi t}{T}\right)^2 dt = \int_0^{T}\left(C_0 - \alpha t + \beta \sin\frac{2\pi t}{T}\right)^2 dt,$$

est constante quels que soient les intervalles t_1, t_2, t_3, de sorte que le terme variable de ΣRI^2t que nous considérerons seul dans notre calcul est donné par

$$S_2 = \int_0^{t_1} 2\left[C_0 - \alpha t + \beta \sin\frac{2\pi t}{T}\right]\frac{\lambda\omega}{t_1}\,dt + \int_0^{t_1}\frac{\lambda^2\omega^2}{t_1^2}\,dt - \int_{T-t_3}^{T} 2\left[C_0 - \alpha t + \beta \sin\frac{2\pi t}{T}\right]\frac{\lambda\omega}{t_3}\,dt + \int_{T-t_3}^{T}\frac{\lambda^2\omega^2}{t_3^2}\,dt.$$

qui tous calculs faits devient

$$S_2 = \alpha\lambda\omega\,(T + t_2) + \beta\lambda\omega\,\frac{T}{\pi}\left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_3}\right) + \lambda^2\omega^2\left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_3}\right) - \beta\lambda\omega\,\frac{T}{\pi}\left[\frac{1}{t_1}\cos\frac{2\pi t_1}{T} + \frac{1}{t_3}\cos\frac{2\pi t_3}{T}\right]$$

$$= 8\alpha\lambda.\pi N + \ldots\ldots\ldots \qquad \text{Id.} \ldots\ldots\ldots$$

On vérifierait aisément, si ω est donné, que le minimum de S_2 a lieu lorsque $t_1 = t_3$.

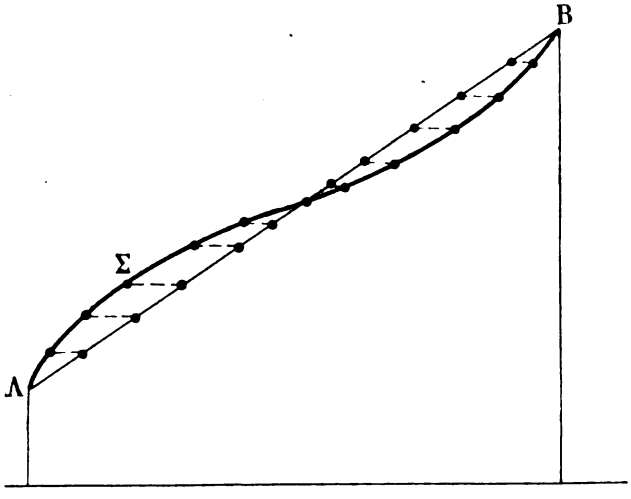


Fig. 7. — Transformation du tambour spiraloïde en un tambour tronconique, avec équilibrage des poids morts.

Supposons maintenant que ω ne soit pas imposé et qu'on ait choisi $t_1 = t_3$ a priori, on voit que S_2 prend la forme

$$S_2 = 8\pi N\alpha\lambda + 2\beta\lambda\omega\,\frac{T}{\pi}\cdot\frac{1}{t_1} + \frac{2\lambda^2\omega^2}{t_1} - 2\beta\lambda\omega\,\frac{T}{\pi}\cdot\frac{1}{t_1}\cos\frac{2\pi t_1}{T},$$

dans lequel le terme variable de RI^2t que nous appellerons F est donné à un facteur constant près par

$$F = \beta\omega\,\frac{T}{\pi}\,\frac{1}{t_1}\left(1 - \cos\frac{2\pi t_1}{T}\right) + \frac{\lambda\omega^2}{t_1},$$

expression qui, après remplacement de ω par sa valeur en fonction de t_1

$$\omega = \frac{4\pi N}{T - t_1},$$

nous donne

$$F = \beta\,\frac{T}{\pi}\cdot\frac{4\pi N}{t_1(T - t_1)}\left[1 - \cos\frac{2\pi t_1}{T}\right] + \lambda\,\frac{(4\pi N)^2}{(T - t_1)^2 t_1}.$$

Le minimum de F sera obtenu lorsqu'on aura

$$\frac{dF}{dt_1} = 0.$$

Digitized by Google

Or, dans l'expression de F, figure le terme $\frac{1}{(T-t_1)^2 t_1}$ déjà trouvé dans les machines étudiées précédemment et dont le minimum a lieu pour $t_1 = \frac{T}{3}$.

Comme β est en général faible vis-à-vis de λ, on voit que l'équation

$$\frac{dF}{dt_1} = 0$$

sera satisfaite pour une valeur de t_1 d'autant plus voisine de $\frac{T}{3}$ que β sera plus petit.

A la limite, lorsque l'équilibrage sera dans les meilleures conditions possibles, β sera négligeable devant λ et la solution du problème correspondra, comme dans le cas de poulie Koepe ou de machines à tambours cylindriques, à

$$t_1 = t_2 = t_3 = \frac{T}{3}$$

c'est-à-dire au partage par tiers de T.

Dans le calcul précédent, nous n'avons fait aucune hypothèse sur la valeur de A : la solution $t_1 = t_2 = t_3 = \frac{T}{3}$ convient donc tant dans le cas de $A > 0$ comme dans celui de $A < 0$, sous réserve, ainsi qu'il est dit ci-dessus, que β soit faible vis-à-vis de λ, condition généralement réalisée dans la pratique ; s'il n'en était pas ainsi, l'emploi du partage par tiers serait une solution approchée, très voisine de celle qui correspond au minimum de pertes Joule.

Machines à tambours spiraloïdes ou tronconiques. — On sait que, dans cette catégorie d'appareils d'enroulement, l'équilibrage des poids morts peut être réalisé d'une façon parfaite, pendant toute la durée de la cordée, à condition que la méridienne du tambour soit une courbe telle que celle représentée figure 6, présentant un point d'inflexion correspondant au rayon moyen d'enroulement.

L'équation différentielle de cette courbe, est du reste (1) dans l'hypothèse de câbles à section constante,

$$\frac{dn}{n} = \frac{dy}{y(y^2+1)}.$$

Les premières machines à tambours furent exécutées d'après le profil théorique, mais on comprend aisément que l'enroulement de la jante en tôles des bobines, qui s'effectuait suivant une surface gauche, ainsi du reste que la mise en place des profilés spéciaux supportant le câble, donnaient lieu à des difficultés d'exécution considérables. On ne construit plus, à l'heure actuelle, pour les raisons ci-dessus, de tambour avec méridienne curviligne et l'industrie minière n'emploie guère que les machines à tambours tronconiques. A noter qu'il est du reste facile d'obtenir l'équilibrage parfait des poids morts, à condition de consentir à une distribution irrégulière des spires sur la jante ; soit (fig. 7) Σ la méridienne théorique et AB la génératrice du tambour tronconique, en projetant les divisions de Σ sur AB (1) et en disposant les spires aux points ainsi obtenus, on réalisera la constance du moment statique pendant toute la cordée.

Si donc le tambour est divisé comme nous venons de le dire, on aura C_s constant.

D'autre part, le couple dynamique est très sensiblement constant, de sorte que l'on peut dire (nous ne ferons pas les calculs qui sont ceux de la machine à tambours cylindriques avec câble d'équilibre, dans lesquels V est remplacé par ω) que le minimum de $\Sigma RI^2 t$ a lieu pour $t_1 = t_2 = t_3 = \frac{T}{3}$.

Généralement, et en vue de faciliter l'exécution des tambours, les spires sont régulièrement distribuées sur la jante : le couple statique subit alors de petites variations dont le calcul est aisé à faire ; il suffit, en effet, de remarquer que le tambour tronconique au point de vue détermination de C_s est absolument identique à une machine à bobines dans laquelle l'épaisseur du câble serait égale au pas, mesuré suivant la verticale, de l'enroulement des spires du tambour.

Comme précédemment, on aura

$$\Delta C_s = An - Bn^3,$$

avec $A > 0$ puisque l'équilibrage est très sensiblement réalisé.

C_a conservant, comme nous l'avons dit plus haut, à peu de chose près une valeur constante pendant les périodes t_1 et t_3 ; on voit que le résultat cherché s'obtient encore pour

$$t_1 = t_2 = t_3 = \frac{T}{3}.$$

Observations relatives au partage par tiers. — I. — Dans le calcul précédent, nous avons admis que R, résistance ohmique des circuits traversés par le courant principal, c'est-à-dire induit génératrice, canalisations et induit moteur d'extraction, est constant. C'est le cas non d'une installation projetée, mais celui d'une installation existante pour laquelle on recherche le minimum de puissance dissipée par effet Joule.

S'il s'agit d'une machine à installer, il est bien évident que les résistances d'induit du moteur d'extraction et de la génératrice, dépendront en partie du diagramme admis en fin de compte pour l'extraction, en sorte qu'il est permis de se demander si la diminution de $\Sigma I^2 t$ ne sera pas compensée par une variation de R en sens inverse. La mise en équations du problème ainsi posé

(1) Voir Haton de la Goupillière. *Exploitation des Mines.*

(1) Cette construction est une application du principe de l'anamorphose, utilisé dans le tracé des abaques.

Digitized by Google

deviendrait, si l'on voulait faire intervenir toutes les variables entrant dans le dimensionnement du moteur et de la génératrice, d'une complexité extrême et elle sortirait du cadre plus modeste de cette étude, mais on peut remarquer que les distributions admises pour T ont en général peu d'influence sur R.

Il est facile de préciser ce dernier point : reportons-nous au cas de la machine à tambours cylindriques avec câble d'équilibre et désignons par p la puissance dissipée en chaleur dans le moteur d'extraction, la génératrice et les canalisation pour l'intensité de la période de régime.

L'énergie dissipée par effet Joule pendant la cordée, aura, dans le cas considéré, pour valeur à un facteur constant près

$$\left[\frac{\left(C_s+\frac{\lambda V}{t_1}\right)\frac{V}{R}}{C_s\frac{V}{R}}\right]^2 pt_1 + pt_2 + \left[\frac{\left(C_s-\frac{\lambda V}{t_3}\right)\frac{V}{R}}{C_s\frac{V}{R}}\right]^2 pt_3$$

$$= \left[\left(C_s+\frac{\lambda V}{t_1}\right)^2 t_1 + C_s^2 t_2 + \left(C_s-\frac{\lambda V}{t_3}\right)^2 t_3\right]\frac{p}{C_s^2}.$$

Le premier facteur de ce produit est celui dont nous avons recherché le minimum au début de cette étude, nous savons qu'il a lieu pour $t_1 = t_2 = t_3 = \frac{T}{3}$.

Le second $\frac{p}{C_s^2}$ dans lequel p dépend des dimensions adoptées pour la génératrice et le moteur, donc aussi de la distribution admise pour T, montre que si $\frac{p}{C_s^2}$ est maintenu constant quelle que soit cette distribution, l'effet Joule est réellement minimum.

Cette conclusion se vérifierait au reste avec la même facilité pour les autres catégories d'appareils d'enroulement.

La constance de $\frac{p}{C_s^2}$ nous permet de faire l'intéressante remarque suivante. Admettons que, pour une machine d'extraction installée, on veuille adopter la marche au tiers, dans le but de réduire les pertes. Comme généralement t_1 et t_3 sont plus petits que $\frac{T}{3}$, on sera conduit à augmenter la vitesse linéaire des cages, ainsi que la vitesse angulaire du moteur. Or ω peut être augmenté de deux façons :

a Par élévation de la tension fournie par la génératrice. — Ce procédé peut, dans le cas de groupes tampons par exemple, être d'une application difficile, car la génératrice est en général saturée lorsque le groupe est à sa vitesse minimum.

b) Par affaiblissement du champ de moteur d'extraction. — Si l'on réduit l'excitation, lorsque le moteur donnera le couple C_s, il absorbera une intensité plus élevée que si le champ était maximum. Dans ces conditions $\frac{p}{C_s^2}$ augmente, et il n'est plus permis d'affirmer que l'effet Joule sera plus faible.

Ainsi, le seul procédé applicable consisterait en une augmentation de la tension maximum de la génératrice et, si, pour une raison quelconque, cette augmentation est impossible, le partage par tiers est inapplicable.

II. — Il existe certains cas dans lesquels la répartition de T, faite comme nous l'avons exposé, est impossible : ce sont ceux dans lesquels on serait conduit à une vitesse des cages trop élevée pendant la période de régime.

C'est ce qui peut arriver pour les machines d'extraction travaillant à de grandes profondeurs de 700 à 1 000 m par exemple), dans lesquelles l'égalité de t_1, t_2, t_3, pourrait entraîner l'utilisation de vitesse d'extraction supérieure au maximum de 20 m : sec admis actuellement.

Dans ces cas spéciaux, on se contentera de faire $t_1 = t_3$, t_2 étant déduit de la valeur maximum admissible pour la vitesse d'extraction.

III. — On peut se demander si l'utilisation du réglage par tiers du temps de l'ascension n'aura pas un effet défavorable sur la valeur de l'énergie perdue par glissement dans le rhéostat du moteur triphasé du groupe convertisseur.

Considérons le graphique normal des puissances sur l'arbre du moteur triphasé du groupe convertisseur (fig. 8).

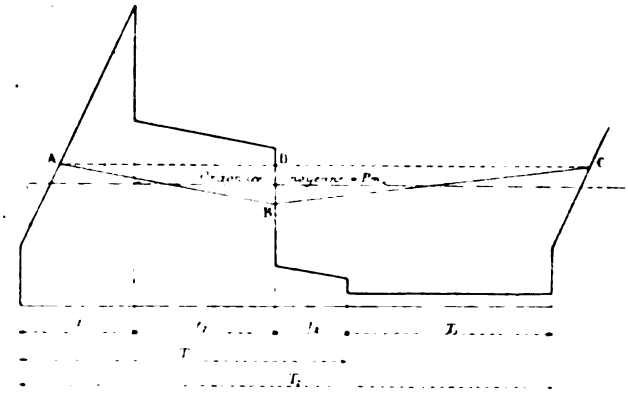


Fig. 8. — Graphique de la puissance totale, mesurée sur l'arbre de la génératrice, nécessaire à l'extraction.

L'ordonnée moyenne du diagramme est P_m ; il est évident que P_m est indépendant de la distribution admise pour t_1, t_2, t_3. En admettant l'uniformisation de la charge sur la centrale réalisée, la puissance normale à prévoir pour le moteur triphasé devra être un peu supérieure à P_m puisque ce dernier travaille à couple constant. Si le glissement admis pour le groupe est de 15 pour 100, chiffre généralement adopté dans les installations d'extraction, la valeur à donner à la puissance normale du moteur triphasé sera $1{,}075 \times P_m$.

La puissance disponible *sur l'arbre* du moteur triphasé oscillera de part et d'autre de la valeur P_m sui-

Digitized by Google

vant les droites AB et BC. Ces droites supposent que les variations de vitesse du groupe sont proportionnelles au temps, ce qui est peu éloigné de la vérité, pendant la période de marche des cages.

L'énergie perdue par glissement est proportionnelle à la surface du triangle ABC.

Elle a pour valeur $\frac{T}{2} \times$ BD, expression qui montre que le mode de partage de T n'a aucune influence sur la valeur des pertes par glissement.

IV. — Nous avons admis dans nos calculs du minimum de puissance dissipée en chaleur dans les enroulements principaux que le diagramme des vitesses angulaires est un trapèze, l'accélération étant constante pendant t_1 et t_3.

On pourra objecter que le graphique réel est souvent assez éloigné du diagramme théorique des vitesses et que, si cet écart n'infirme pas nos conclusions, il en diminue considérablement l'intérêt.

Des différences importantes entre les deux diagrammes ne se rencontrent guère que dans les machines d'extraction déjà un peu anciennes et non munies du jeu de cames de réglage de vitesse. Nous rappelons brièvement en quoi consiste cet organe schématisé figure 9 : l'indicateur de position des cages porte deux cames

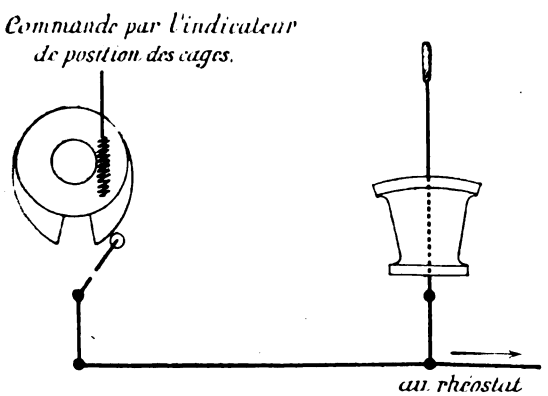


Fig. 9. — Disposition schématique du jeu de cames de réglage de vitesse.

(une par sens de marche) circulaires ou rectilignes, dont le profil correspond au diagramme des vitesses à réaliser; d'autre part, le levier d'excitation porte à son extrémité ou à celle d'une tringle en liaison avec lui, un galet qui roule sur le profil de la came. Pendant la période de mise en vitesse, le levier d'excitation ne peut être poussé en avant que de la course angulaire tolérée par la came et celle-ci ramène progressivement le levier à sa position d'arrêt pendant la période de ralentissement.

L'obtention du diagramme théorique des vitesses n'est, dès lors, qu'une question de profil à donner aux cames dont l'exécution convenable supprime en grande partie l'écart dont nous avons parlé. Ainsi, pour la machine d'extraction du puits de Laugerette, déjà mentionnée au début de cette étude, qui est pourvue du jeu de cames, les diagrammes, s'ils ne sont pas ceux qui ont servi de base aux calculs d'établissement de la machine s'en rapprochent néanmoins beaucoup.

Comme il est dit au début de cette note, nous avons admis que la machine d'extraction est commandée par un moteur à courant continu, alimenté par groupe Léonard avec ou sans volant de compensation.

Dans le cas de machines d'extraction à commande par moteur triphasé d'induction, à ne considérer que la puissance dissipée en chaleur dans les enroulements du stator et du rotor, la loi du tiers serait encore applicable. Il y a lieu d'observer cependant que les pertes les plus importantes ne sont pas les pertes par effet Joule, mais celles du rhéostat de démarrage et de glissement.

Nous examinerons, dans une prochaine étude, comment il convient d'effectuer la distribution de T, dans ce cas particulier.

Application du calcul précédent à un exemple. — Nous allons appliquer les calculs précédents à la

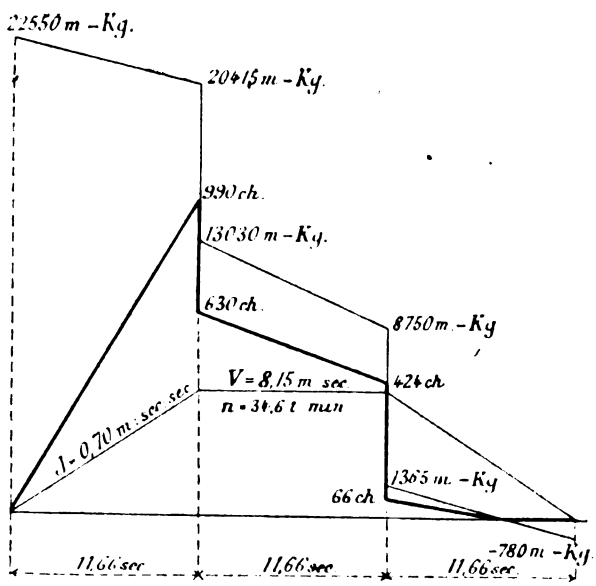


Fig. 10. — Graphique des puissances (machine d'extraction des mines d'Albi) dans le cas du partage par tiers.

machine d'extraction à tambours cylindriques définis par les constantes ci-après :

Profondeur d'extraction	190 m
Extraction horaire en marche normale	55 cordées
Durée des manœuvres au jour	30 sec
Poids d'une cage vide	5 000 kg
Charge utile d'une berline de charbon	515 kg
Diamètre des tambours à l'enroulement des câbles	4,500 m
Largeur utile des tambours	1,200 m
Diamètre du câble rond en acier	50 mm
Poids linéaire	10 kg:m
Diamètre d'une molette	3,500 m
Poids d'une molette	4 300 kg
La machine ne comporte pas de câble d'équilibre.	
Rendement de puits : approximativement	0,85

Digitized by Google

Le calcul des vitesses, des couples et des puissances a été fait dans les deux cas suivants :

a) Avec partage au tiers du temps de l'ascension, diag. fig. 10.

b) Avec $t_1 = t_3 = 5$ sec et $t_2 = 25$ sec, diag. fig. 11.

Ainsi que nous l'avons montré au début de cette note, l'énergie dissipée en chaleur dans les enroulements traversés par le courant principal est proportionnelle à $\Sigma C^2 \Delta t$, C désignant le couple total à vaincre par le moteur d'extraction.

Formons $\Sigma C^2 \Delta t$ pour le cas du diagramme de la figure 10 en appliquant, pour chaque intervalle, la formule de Simpson

$$\frac{\overline{22,55}^2 + 4\left(\frac{22,55 + 20,415}{2}\right)^2 + \overline{20,415}^2}{6} 11,66 \times 10^6 = 5\ 380 \times 10^6$$

$$\frac{\overline{13,03}^2 + 4\left(\frac{13,03 + 8,75}{2}\right)^2 + \overline{8,75}^2}{6} 11,66 \times 10^6 = 1\ 400 \times 10^6$$

Total..... $6\ 780 \times 10^6$

Le terme $\Sigma C^2 \Delta t$ relatif à la période t_2 étant absolument négligeable vis-à-vis des deux autres, nous ne l'avons pas fait intervenir dans le calcul. Pour le diagramme de la figure 11, on a

$$\Sigma C^2 \Delta t = \frac{\overline{28,5}^2 + \overline{27,79}^2 + 4\left(\frac{28,5 + 27,79}{2}\right)^2 \times 5 \times 10^2}{6} = 3\ 970 \times 10^6$$

$$+ \frac{\overline{14,46}^2 + 4\left(\frac{14,46 + 7,33}{2}\right)^2 + \overline{7,33}^2}{6} \times 25 \times 10^6 = 3\ 080 \times 10^6$$

$$+ \left(\frac{6 + 6,725^2}{2}\right) \times 5 \times 10^6 = 202 \times 10^6$$

Total..... $7\ 252 \times 50^6$

La différence de ces deux évaluations, soit 472×10^6, montre que le graphique avec partage par tiers se traduit par une dissipation d'énergie par effet Joule, inférieure de 6,5 pour 100 à celle qui correspond au diagramme de la figure 11.

On peut remarquer que, généralement, l'énergie dissipée par effet Joule dans l'induit de la génératrice, celui du moteur et les canalisations représente 10 à 15 pour 100 de celle fournie aux bornes du moteur du groupe convertisseur.

Dans le cas du diagramme figure 11, ce chiffre est voisin de 15 pour 100, de sorte qu'en adoptant le partage au tiers, l'effet Joule a pour valeur

$$\frac{15}{100}(1 - 0{,}065) = \frac{15}{100} \times 0{,}935 = \frac{14}{100}.$$

On gagne donc ainsi 1 pour 100 sur le rendement d'ensemble de la machine d'extraction, ce qui revient à dire, la consommation par cheval utile au puits étant de 1,5 kw pour le diagramme de la figure 11, que l'utilisation de la division par tiers fait descendre ce chiffre à 1,485 kw.

L'économie réalisée n'est évidemment pas très considérable — il est certain qu'elle ne pouvait pas l'être — mais si l'on considère que l'emploi du partage par tiers diminue l'échauffement des induits de la génératrice et du moteur d'extraction et, qu'en outre, il réduit la

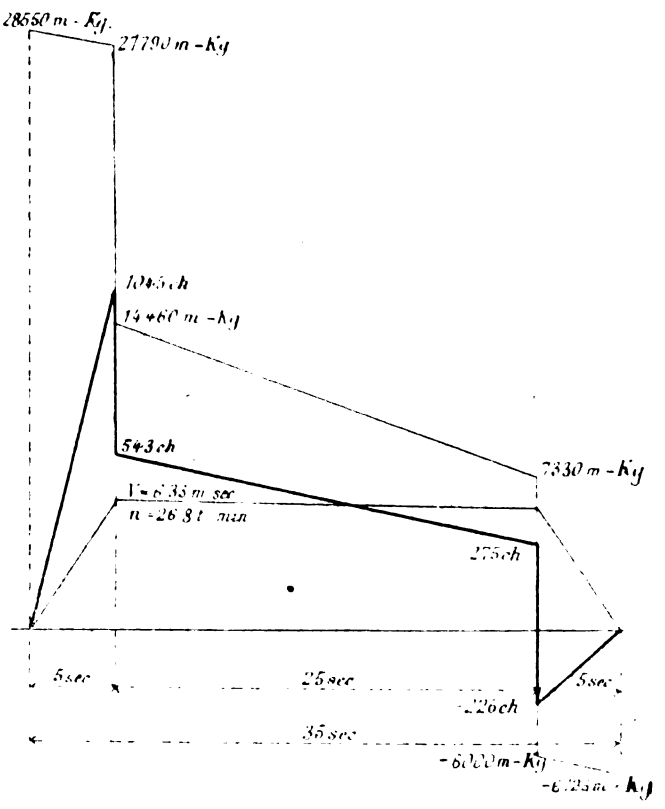


Fig. 11. — Graphique des puissances (machine d'extraction d'Albi) dans le cas d'une répartition quelconque de t_1, t_2, t_3.

Digitized by Google

fatigue des câbles, on voit qu'en fin de compte il bénéficie d'avantages suffisants pour justifier son emploi toutes les fois qu'il sera possible.

Signalons, pour terminer, que le matériel électrique destiné à la machine d'extraction qui nous a servi d'exemple est actuellement en cours de fabrication dans les ateliers de MM. Schneider et Cie, à Champagne, pour le compte de la Société des Mines d'Albi.

F. Robin,
Ingénieur de MM. Schneider et Cie.

Note sur le calcul de l'énergie absorbée dans les rhéostats de démarrage en fonction des couples moteurs et résistants et de la durée de démarrage

L'auteur se référant à un article paru dans « L'Industrie électrique » du 10 août 1913 et à un article paru dans la « Revue générale de l'Electricité » du 7 juillet 1917, indique ci-dessous un procédé graphique permettant de calculer dans tous les cas l'énergie absorbée dans les rhéostats de démarrage des moteurs à courant continu et des moteurs d'induction, en fonction des couples moteurs et résistants et de la durée du démarrage. Il établit ensuite des formules algébriques permettant d'obtenir plus rapidement le même résultat pour les cas particuliers les plus courants.

Nous avons indiqué (voir *L'Industrie électrique* du 10 août 1917) les procédés graphiques et les formules qui permettent de calculer l'énergie absorbée dans les rhéostats de démarrage en fonction des couples moteurs et résistants et de l'inertie des masses à mettre en mouvement.

Nous avons également indiqué (voir la *Revue générale de l'Électricité* du 7 juillet 1917) les procédés graphiques et les formules qui permettent de calculer la durée du démarrage en fonction des mêmes données.

Mais il arrive que le problème soit posé de la façon suivante : « Etant donnés les couples résistants et moteurs et la durée du démarrage, calculer l'énergie absorbée dans le rhéostat. » Quoique cette façon de poser le problème puisse paraître exceptionnelle puisque, en principe, pour connaître la durée du démarrage, il faut l'avoir calculée en prenant comme base le moment d'inertie des masses à mettre en mouvement, elle n'en est pas moins la plus fréquente, parce que la notion de durée tombe sous les sens, alors que la somme des moments d'inertie des masses à mettre en mouvement est quelquefois fort longue à établir.

Il est vrai que, dans ces conditions, on pourra objecter que la durée du démarrage étant estimée et non calculée, cette donnée peut être fort éloignée de la réalité et que l'application de formules exactes à des données ainsi établies est inutile. Nous répondrons d'abord que cette estimation de durée peut être le résultat d'expériences précises sur des systèmes analogues et être de ce fait fort exacte, mais aussi que, quelle que soit l'exactitude des données, le constructeur est bien obligé de se baser sur ces données pour calculer le rhéostat et que seule la connaissance du calcul exact peut lui permettre de juger dans quelles limites il peut s'en éloigner.

Les procédés graphiques et les formules donnant :

1° La durée du démarrage ;

2° L'énergie absorbée dans le rhéostat, en fonction des couples et de l'inertie, étant établis, la solution d'un tel problème est d'ailleurs simple.

La première série des procédés graphiques et des formules permet en effet de déterminer directement, dans chaque cas, le moment d'inertie qui correspond à la durée de démarrage donnée et il suffira ensuite de reporter cette valeur dans la deuxième série des procédés graphiques et des formules.

C'est ce que nous allons faire pour chacun des cas que nous avons envisagés dans les articles précédents.

I. — **Procédé graphique.** — La formule donnant la durée du démarrage est

$$T = \frac{S}{OB^2} \times \sum \frac{PR^2N^2}{\mathcal{P}} . 10^6.$$

La formule donnant l'énergie absorbée dans le rhéostat est, à la même échelle de figure

$$W = \frac{S'}{OB^2} \times \sum PR^2N^2 10^{-5}.$$

De la première formule on tire

$$\sum PR^2N^2 = T \times \mathcal{P} \times \frac{OB^2}{S} . 10^{-5},$$

d'où

$$W = \frac{S'}{S} \mathcal{P} T.$$

Formule dans laquelle

W est l'énergie absorbée dans le rhéostat de démarrage en kilowatts-secondes ;

$\mathcal{P}$, la puissance normale du moteur en kilowatts ;

T la durée du démarrage en secondes.

Digitized by Google

II. — **Formules pour trois cas particuliers.** — Premier cas. — *Le couple moteur est constant (rhéostat liquide) et le couple résistant est également constant mais non négligeable.*

La formule donnant la durée du démarrage est

$$T = \frac{1}{1-k} \times \sum \frac{PR^2N^2}{\mathfrak{P}} \, 10^{-5}.$$

La formule donnant l'énergie absorbée dans le rhéostat est

$$W = \frac{1}{2} \frac{1}{1-k} \times \sum PR^2N^2 \, 10^{-5}.$$

De la première formule on tire

$$\Sigma \, PR^2N^2 = \mathfrak{P} \, T \times (1-k) \, 10^5,$$

d'où

$$W = \frac{1}{2} \mathfrak{P} \, T.$$

Formule dans laquelle $\mathfrak{P}$ est la puissance absorbée au réseau pendant le démarrage, exprimée en kilowatts-secondes.

Deuxième cas. — *Cas d'un moteur shunt ou asynchrone démarrant par rhéostat à touches et entraînant un système ayant un couple résistant nul ou négligeable.*

La formule donnant la durée du démarrage est

$$T = \frac{M \log_e M}{M-1} \times \frac{PR^2N^2}{\mathfrak{P}} \, 10^{-5}.$$

La formule donnant l'énergie absorbée dans le rhéostat est

$$W = \frac{1}{2} \sum PR^2N^2 \, 10^{-5}.$$

De la première formule on tire

$$\sum PR^2N^2 = \mathfrak{P} \, T \, 10^{-5} \frac{M-1}{M \log_e M},$$

d'où

$$W = \mathfrak{P} \, T \left[\frac{M-1}{2 \, M \log_e M} \right],$$

formule dans laquelle

M est le rapport entre l'intensité maximum et minimum sur chaque plot,

$\mathfrak{P}$, la puissance absorbée au réseau en pointe, c'est-à-dire au moment où on atteint un nouveau plot, et exprimée en kilowatts.

Troisième cas. — *Cas d'un moteur shunt ou asynchrone démarrant par rhéostat à souches et entraînant un système ayant un couple résistant constant mais non négligeable.*

La formule donnant la durée du démarrage est

$$T = \left[\frac{M}{M-1} \log_e \frac{(1-k)M}{1-kM} \right] \sum \frac{PR^2N^2}{\mathfrak{P}} \, 10^{-5}.$$

La formule donnant l'énergie absorbée dans le rhéostat de démarrage en supposant la résistance de l'induit négligeable devant la résistance du rhéostat est

$$W = \left[\frac{1}{2} + \frac{kM}{M+1} + \frac{(kM)^2}{M^2-1} \log_e \frac{(1-k)M}{1-kM} \right] \sum PR^2N^2 \, 10^{-5}.$$

De la première formule on tire

$$\sum PR^2N^2 = \mathfrak{P} \, T \, 10^{-5} \times \frac{1}{\frac{M}{M-1} \log_e \frac{(1-k)M}{1-kM}}$$

d'où

$$W = \mathfrak{P} \, T \times \frac{\frac{1}{2} + \frac{kM}{M-1} + \frac{(kM)^2}{M^2-1} \log_e \frac{(1-k)M}{1-kM}}{\frac{M}{M-1} \log_e \frac{(1-k)M}{1-kM}}$$

ou encore

$$W = \mathfrak{P} \, T \left[\frac{k^2 M}{M+1} + \frac{\frac{M-1}{2M} + \frac{k(M-1)}{M+1}}{\log_e \frac{(1-k)M}{1-kM}} \right].$$

Formule dans laquelle

$\mathfrak{P}$ est la puissance absorbée au réseau en pointe, c'est-à-dire au moment où on atteint un nouveau plot et exprimée en kilowatts,

T, la durée du démarrage en secondes,

k, le rapport entre l'intensité correspondant au couple résistant et l'intensité maximum sur chaque touche,

M, le rapport entre l'intensité maximum et minimum sur chaque touche,

W, l'énergie absorbée dans le rhéostat de démarrage en kilowatts-secondes.

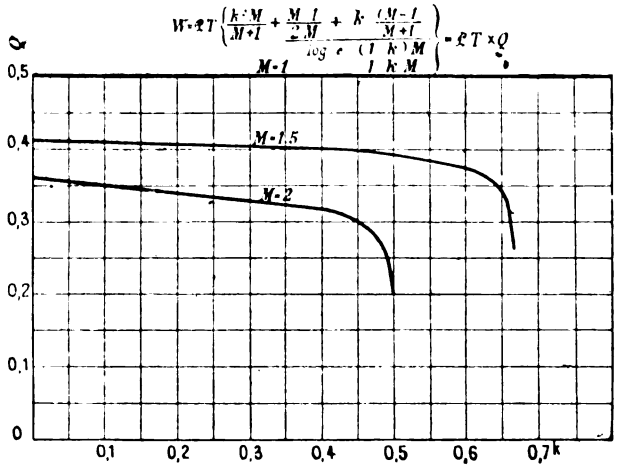


Fig. 1.

Le coefficient de cette formule étant assez long à calculer, nous avons établi ci-contre une série de courbes donnant ce coefficient pour différentes valeurs de M et de k, fig. 1.

J. Saint-Germain.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Les prix de l'Académie des Sciences

Nous avons déjà signalé dans un éditorial de notre numéro du 22 décembre 1917, p. 964, que l'Académie des Sciences avait décerné dans sa séance publique annuelle du 10 décembre 1917, les prix relatifs aux concours de 1917. Nous examinons ci-dessous ceux de ces prix qui ont été attribués pour des travaux se rapportant à l'électricité ou aux sciences et industries connexes.

Prix Francœur (mathématiques). — Le prix a été décerné à M. Villat, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Montpellier pour ses travaux d'hydrodynamique.

Prix Montyon (mécanique). — Ce prix annuel de 700 fr a été attribué à M. René de Saussure pour le résumé de ses travaux publié sous le titre : « Une nouvelle géométrie de l'espace basée sur la considération du « corps rigide » comme élément spatial donnant naissance aux systèmes de corps rigides. »

En 1898, M. de Saussure, alors privat-docent à l'Université de Genève, a publié dans les « Archives des Sciences physiques et naturelles » de cette ville une « Note sur la cinématique des fluides » qui a été le début de longs travaux sur la théorie géométrique du mouvement des corps solides.

Ces travaux sont connus sous le titre de « Géométrie des feuillets », ils constituent une étude géométrique approfondie du déplacement des corps rigides qui s'inspire des travaux antérieurs et des méthodes de Chasles, Plucker et Mannheim.

M. Bricard a déjà fait ressortir l'importance des considérations développées par M. de Saussure et la justesse de ses conclusions en y appliquant la méthode analytique. Il a montré que la partie de ces travaux qui est consacrée à la géométrie cinématique du plan correspond à la géométrie ponctuelle de l'espace et présente un caractère linéaire et que leur application à la géométrie cinématique de l'espace présente, comme la géométrie réglée, un caractère quadratique. Il a traité ce dernier cas par l'analyse en faisant usage de coordonnées tirées des formules d'Olinde Rodrigues dont M. Kœnigs a rappelé la démonstration dans ses leçons de cinématique et qui sont analogues aux coordonnées pluckériennes.

M. Cailler, de Genève, a signalé par l'analyse l'analogie que les travaux de M. de Saussure établissent entre ces deux genres de coordonnées.

Dans son ouvrage : « Une nouvelle géométrie de l'espace basée sur la considération du « corps rigide » comme élément spatial donnant naissance aux systèmes de corps rigides ». M. de Saussure donne un aperçu des applications que ses travaux ont déjà reçues ou qu'ils sont susceptibles de recevoir.

Il montre qu'ils donnent le moyen d'opérer des interpolations graphiques qui peuvent être d'un utile secours pour déterminer les lois continues de phénomènes physiques connus par des séries d'observations isolées et il signale que ces procédés peuvent trouver leur application pour l'étude des mouvements provoqués dans l'atmosphère par l'action des vents, ou plus, généralement, pour l'étude des déplacements de tout fluide en mouvement dans un plan, ou encore pour la détermination des lignes de force d'un champ magnétique.

M. de Saussure a donné un exemple remarquable d'application de ses travaux en établissant une carte des mouvements de l'atmosphère déduite de l'enregistrement des pressions et de la direction du vent, dans un nombre suffisant de stations d'observations, enregistrement effectué à la date du 16 octobre 1886.

Navigation. — *Prix de six mille francs.* — Ce prix, destiné à récompenser tout progrès de nature à accroître l'efficacité de nos forces navales, a été partagé entre feu le commandant Camille Tissot, le très regretté membre de notre Comité de rédaction, et M. G. Sugot, ingénieur de l'artillerie navale.

Le commandant Camille Tissot s'est occupé activement des méthodes propres à augmenter la sécurité de la navigation en temps de guerre. Ses plus récentes expériences, auxquelles il a consacré ses dernières forces, paraissent aussi intéressantes par leur principe que par les résultats qu'elles ont donnés.

Une somme de quatre mille francs sur le Prix de Navigation a été attribuée au commandant Tissot M. G. Sugot a obtenu également une somme de deux mille francs sur le Prix de Navigation pour ses remarquables études sur les questions d'artillerie et de balistique théorique et pratique.

Prix Gaston Planté (Physique). — Ce prix d'une valeur de 3 000 fr a été attribué à notre collaborateur, M. Henri Armagnat.

M. Henri Armagnat s'est signalé depuis longtemps par de remarquables études expérimentales et des publications qui ont contribué grandement au développement de plusieurs branches spéciales de l'industrie électrique française. Il a contribué pour une large part aux progrès de la construction scientifique des instruments de mesure en apportant son précieux concours tant à la maison J. Carpentier dont il a été le chef de laboratoire depuis de nombreuses années, qu'à de nombreux savants pour la mise au point de leurs appareils. Il a fait profiter le public de ses études et de sa grande expérience un publiant un Traité des instruments et méthodes de mesures électriques qui eut deux éditions l'une en 1896 et l'autre en 1902, une étude sur les wattmètres (1900) et un rapport général au Congrès des applications de l'électricité en 1908.

M. Henri Armagnat a apporté de grands perfectionnements aux mesures magnétiques, il a étendu aux fortes inductions l'emploi des perméamètres Picou-Carpentier, il a modifié avec succès l'appareil d'Epstein pour la détermination des pertes dans les tôles, en ajoutant, pour mesure des forces électromotrices induites, un circuit spécial qui permet d'éliminer les erreurs dues à la résistance du circuit inducteur.

Il a apporté d'intéressantes contributions aux applications de la polarisation électrolytique. Il a perfectionné la construction de l'interrupteur Wehnelt, en réduisant la tension nécessaire à 10 ou 12 v par l'échauffement du liquide, et a permis l'utilisation du détecteur électrolytique Ferrié en déterminant l'influence de la tension employée sur la sensibilité et la netteté du « seuil » du courant redressé.

Il a réalisé l'application de l'oscillographe Blondel à la

Digitized by Google

méthode de résonance électrique de Pupin et mis au point la photographie oscillographique qui, moyennant certaines précautions, a apporté à cette méthode une clarté et une précision qui en ont étendu beaucoup les applications. M. Henri Armagnat a fait d'importantes études sur la bobine d'induction de Ruhmkorff, il en a exposé la théorie générale et fait pour la première fois l'analyse oscillographique; cette dernière a permis de faire ressortir l'influence des différentes constantes de construction, la réaction des oscillations du secondaire sur les oscillations du primaire, les perturbations produites par le rallumage des étincelles du trembleur pendant la rupture du circuit primaire, etc. Il a fait connaître ces résultats nouveaux dans un traité remarquable sur la bobine d'induction qu'il a publié en 1905 et qui a répandu en France des notions précieuses sur la théorie et le fonctionnement de cet appareil.

M. Henri Armagnat a étudié de même le fonctionnement des magnétos d'allumage et a fait connaître pour la première fois, en 1915, les méthodes de mesure rationnelles qui leur sont applicables et tous les éléments qui caractérisent le fonctionnement de ces machines; il a montré, à cette occasion, le rôle fondamental de la forme de leur courbe de force électromotrice induite, les principes de leur auto-régulation et enfin certaines propriétés des aimants industriels.

M. Armagnat a pris une part importante à de nombreuses recherches industrielles et, en particulier, à celles de la Société « Nilmelior » sur les magnétos et de M. Gaumont sur l'enregistrement simultané du cinématographe et du phonographe.

Depuis le début de la guerre, quoique dégagé de toute obligation militaire, M. Henri Armagnat a apporté un concours désintéressé et des plus précieux à l'Établissement central de la Radiotélégraphie militaire pour l'étude, la mise au point et l'étalonnement de différents appareils intéressant la défense nationale. Les conditions présentes ne permettent pas de faire connaître le résultat des travaux de M. Henri Armagnat, mais on peut dire qu'il a imaginé de nouvelles méthodes de mesures fort intéressantes pour les appareils de haute fréquence.

Prix Hébert. — Ce prix, d'une valeur de 1 000 fr, destiné à récompenser l'auteur du meilleur traité ou de la plus utile découverte pour la vulgarisation et l'emploi pratique de l'électricité, a été décerné à M. Hyacinthe Guilleminot, chef de travaux pratiques de physique biologique à la Faculté de Médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : « Les nouveaux horizons de la Science ». Dans cet ouvrage, M. Guilleminot passe en revue les plus brillantes découvertes de la physique moderne ainsi que les grands problèmes de philosophie naturelle que ces découvertes ont soulevés.

Prix H. de Parville. — Ce prix, d'une valeur de 1 500 fr, a été attribué à M. Charles de Watteville. M. Charles de Watteville a étudié méthodiquement depuis 1904 les spectres de flamme et la structure de la flamme elle-même : il a reconnu, en utilisant un dispositif déjà employé par M. Gouy, que les diverses régions de la flamme manifestent au point de vue spectral des caractères nettement tranchés. Les plus fortes raies de l'arc existent dans la flamme, tandis que la région la plus chaude, celle qui avoisine le cône bleu, donne un spectre à peu près identique à celui d'une étincelle rendue oscillante par l'introduction d'une self-induction dans le circuit de décharge d'un condensateur. M. de Watteville a étudié les spectres de la plupart des métaux usuels, il a montré que les spectres de flamme sont très notablement plus riches en raies qu'on ne l'admettait et que ce n'est le cas, lorsque la substance est simplement introduite dans la flamme déjà formée et que ces spectres s'étendent fort loin dans l'ultraviolet.

M. de Watteville ayant constaté, pour tous les métaux qu'il a étudiés, que de simples variations d'ordre thermique sont suffisantes pour produire des différences spectrales, a fait une double série d'essais et de vérifications de cette hypothèse. Il a photographié à l'aide d'un dispositif stroboscopique, sur la même plaque, les spectres correspondant à des phases différentes d'un arc alimenté par courant alternatif. Certaines raies du spectre, très intenses au moment où le courant est maximum, peuvent disparaître complètement, tandis que d'autres raies beaucoup moins fortes ne varient pas d'éclat avec la phase de l'arc. Ces dernières, émises même pendant le changement de sens du courant, sont celles que les flammes montrent avec le plus de facilité.

M. de Watteville a construit un appareil au moyen duquel on observe l'étincelle électrique un temps assez court après sa production pour permettre d'enregistrer le spectre émis par la vapeur métallique incandescente qui persiste après le passage de la décharge, c'est-à-dire après la suppression du courant qui a donné naissance au phénomène.

Ces essais ont montré des variations spectrales analogues à celles qui existent dans l'arc alternatif.

Cet appareil a servi également à M. de Watteville pour étudier les spectres de phosphorescence et lui a permis de montrer que le spectre émis par la fluorine verte, sous l'influence de l'étincelle de divers métaux, est indépendant de la nature des électrodes. Il n'y a donc pas, dans ce cas, de phénomènes de résonance entre les raies du spectre excitateur et celles du spectre excité.

M. de Watteville a étendu aux métalloïdes ses recherches sur les spectres de flamme et a obtenu, soit des spectres de raies encore inconnues, soit des bandes à peine entrevues avant lui.

Enfin, M. de Watteville, en collaboration avec M. Hemsalech, a publié une série d'intéressants travaux relatifs aux spectres des flammes plus chaudes que celle du gaz d'éclairage et de l'air, et à leurs divers centres d'émission. Pour faire ces études ils ont réalisé un ingénieux dispositif qui consiste à faire passer, au préalable, sur un arc ou une étincelle électrique jouant le rôle d'un pulvérisateur, l'un des gaz qui doit alimenter la flamme. La quantité infime de matière entraînée suffit à donner naissance à son spectre de flamme. Ce dispositif est très avantageux quand on opère sur des métaux précieux ou rares.

Prix Hughes. — Ce prix, d'une valeur de 2 500 fr, a été attribué à M. Amédée Guillet, maître de Conférences à la Faculté de Paris, attaché à la chaire de M. Lippmann.

M. Guillet a créé des méthodes originales et réalisé des dispositifs électromécaniques qu'il n'a pu mettre au point qu'après de longs et pénibles tâtonnements, grâce à un travail persévérant et incessant.

L'œuvre scientifique de M. Guillet est considérable : on peut citer en particulier son étude générale des vibrations amorties (leçons professées à la Faculté des sciences) et l'usage qu'il a fait des phénomènes d'induction pour des mesures absolues très variées. Frappé de ce que toutes les méthodes utilisées pour la détermination de l'ohm ne portaient que sur des résistances faibles, M. Guillet a réalisé directement un kilohm absolu (thèse de doctorat). Il a étudié également l'entretien des oscillations d'un pendule

Digitized by Google

géodésique en remplaçant les petites impulsions données par le jeu de l'ancre par la décharge à travers de petites bobines agissant sur un barreau de fer doux de quantités égales d'électricités contraires, produites par induction à l'instant des passages en sens inverse du pendule par sa position d'équilibre ; comme conséquence de ces travaux, M. Guillet a fait une étude très complète de l'électrodiapason. Il a appliqué les phénomènes d'induction à la détermination de la constante d'un électrodynamomètre absolu, à la construction d'une machine à plan de référence électrique propre à répéter une même translation donnée, à la mesure de petites longueurs et de la constante d'Young, qui s'y rattache si ces longueurs sont des allongements élastiques.

M. Guillet a montré le rôle de l'amortissement dans les essais de fer et en a déduit une méthode d'essai industrielle. Il a constaté le parallélisme des phénomènes électriques d'induction et des phénomènes mécaniques et montré qu'à chaque solution d'un problème de l'un de ces deux ordres correspond une solution d'un problème analogue de l'autre ordre. De ces constatations il a déduit des relations variées qui lient les unes aux autres des questions en apparence les plus variées, et il les a appliquées en réalisant des dispositifs expérimentaux des plus ingénieux.

Parmi les autres travaux de M. Guillet nous citerons en particulier : « Réalisation du mouvement circulaire uniforme par actions périodiques synchronisantes. Trieurs par synchronisation. Combinaison de deux séries harmoniques (électrocorde) ; Interrupteur de bobine d'induction constitué par l'arc primaire ; Sur une forme simple de magnétomètre; Electromètre absolu fondé sur l'attraction d'un plan électrisé sur une sphère. Méthode mathématique pour le calcul des fonctions introduites par cette étude et celle de l'attraction de sphères égales. »

Dans tous ses travaux M. Guillet s'est montré un physicien accompli possédant au plus haut point l'esprit de méthode nécessaire pour des recherches scientifiques.

Prix Montyon (Statistique). — Le prix de 1 000 fr a été décerné à MM. Henri Abraham, professeur à la Faculté des Sciences de Paris et Paul Sacerdote, professeur au collège Chaptal, qui ont publié un « Recueil des constantes physiques ».

Cet ouvrage n'est pas seulement une statistique de toutes les constantes nécessaires au physicien, il donne en outre, pour chaque constante, la valeur offrant actuellement la plus grande probabilité et le degré même de cette probabilité. MM. Henri Abraham et Paul Sacerdote ont été aidés par le concours de plus de cent membres de la *Société française de physique* qui leur ont fourni les meilleurs résultats de leurs propres études ; leur ouvrage présente une valeur inappréciable pour tous les physiciens.

La mention honorable de 500 fr a été attribuée à M. le docteur Jules Delobel, médecin inspecteur des enfants du premier âge pour ses recherches relatives à la protection des enfants du premier âge dans le département de l'Oise.

Prix Binoux (Histoire et philosophie des Sciences). — Ce prix d'une valeur de 2 000 fr a été décerné à M. F. Gomes Teixeira, recteur de l'Université de Porto pour ses « Obras sobre mathematica ».

Une mention honorable a été accordée à M. Albert Bordeaux, ingénieur-conseil des mines pour son « Histoire des Sciences physiques, chimiques et géologiques au XIXe siècle ».

Prix Petit d'Ormoy (Sciences mathématiques pures et appliquées). — Ce prix d'une valeur de 10 000 fr a été attribué à feu Pierre Duhem, membre non résidant de l'Académie, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, pour l'ensemble de son œuvre et en particulier pour son ouvrage intitulé : « Le Système du monde, Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic ».

Prix Henry Wilde. — Un prix d'une valeur de 2 000 fr a été décerné à M. A. Claude, membre adjoint du Bureau des longitudes, pour ses recherches d'astronomie et de physique.

Un autre prix de la valeur de 5 000 fr a été attribué à M. Georges Sagnac, professeur adjoint à la Faculté des Sciences pour un appareil intéressant la défense nationale.

Prix Gustave Roux. — Ce prix de 1 000 fr a été accordé à M. Joseph Guyot, préparateur à l'École normale de Fontenay pour ses travaux concernant l'Électricité et les services qu'il a rendus au Laboratoire de chimie de guerre de l'École normale.

Fonds de recherches scientifiques. — Fondation Loutreuil. — Le revenu annuel de cette fondation est destiné à encourager dans les établissements de haute culture scientifique de Paris et de province (autres que les Universités) ainsi que par les savants et chercheurs libres indépendants, de ces établissements, le progrès des sciences de toute nature, la création et le développement des collections, bibliothèques et publications savantes ; les recherches et les voyages scientifiques ; la création de cours d'enseignement et à permettre de donner des allocations pécuniaires à des savants, attachés ou non à ces établissements, et dont les ressources sont souvent inférieures à leur mérite.

En vertu de ces dispositions, une somme de 5 000 fr a été attribuée à M. Léon Guillet, pour l'organisation d'un laboratoire de métallographie au Conservatoire des Arts et Métiers.

Une somme de 2 000 fr a été accordée à MM. Ledoux-Lebard et A. Dauvillier; pour leurs recherches sur les rayons X ; enfin, 3 000 fr ont été décernés à MM. Albert Poitevin, ingénieur des Arts et Manufactures, chef de travaux à l'École centrale, et Marcel Garvin, ancien élève de l'École polytechnique, adjoint au chef des travaux pratiques de mécanique de cet établissement pour des recherches sur le choc des corps.

Sur les propriétés réfractaires de la silice [1].

Les auteurs avaient déjà montré que les briques d'argile commencent à se ramollir entre 1 300° et 1 400°. Elles ne peuvent plus supporter d'efforts et cèdent d'une façon continue et indéfinie, et se comportent comme une matière vitreuse n'ayant pas de point de fusion, mais un palier de fusibilité très étendu.

Ce qu'on appelle actuellement point de fusion de la kaolinite pure, c'est le point qui, en réalité, correspond à l'affaissement de la matière sous son propre poids c'est-à-dire sous une pression de 1 g : cm². Sous une charge de 10 kg : cm² l'affaissement du kaolin se produit avec la même vitesse, mais à une température de 1380° au lieu de 1 780° C.

Les auteurs ont ensuite comparé l'argile au quartz ; ils

[1] H. Le Chatelier et B. Bogitch. *Comptes rendus des séances de l'Academie des Sciences* 1917, t. CLXIV, p. 764 et 6 août 1917, t. CLXV, p. 218-224, 2 200 mots, 2 fig.

Digitized by Google

ont trouvé que ce dernier présentait un véritable point de fusion indépendant de la pression et sans ramollissement préalable. Leurs essais ont porté sur une brique de silice de fabrication américaine marque « Star » les résultats qu'ils ont obtenus sont les suivants :

Température en degrés centigrades.	Résistance en kg : cm².
15°	170
520	158
670	150
800	139
950	125
1 050	120
1 200	85
1 320	62
1 460	50
1 540	37
1 600	30

En extrapolant, on trouve une résistance de 12 kg : cm² à 1 700° C qui est la température des voûtes de fours d'aciérie. Cette résistance est d'environ 10 fois plus grande que l'effort supporté par les briques des voûtes ; la stabilité est donc bonne. Même pour les briques de magnésie, cependant bien moins fusibles que les briques en silice, la résistance mécanique ne se conserve pas jusqu'à des températures si élevées. Les auteurs en donnent les raisons suivantes : les briques en argile et en magnésie renferment comme impuretés des oxydes basiques, alumine, chaux, oxyde de fer, alcalis, etc., qui donnent naissance à des matières fusibles déjà liquides à 1 200°.

Dans le cas de la magnésie, les grains solides de ce corps entourés par ce magma fondu glissent les uns sur les autres. Dans les briques de silice, bien cuites, la silice forme un réseau continu dans les pores duquel se loge la masse fondue sans en diminuer la résistance mécanique. M. H. Le Chatelier a fait voir (*Revue de métallurgie*, 1917, t. XIII, p. 330) que la formation de ce réseau, conséquence de la recristallisation de la silice, est due aux différences de solubilité des différentes variétés allotropiques de la silice. Le quartz, instable à haute température, se dissout dans le magma fondu et recristallise à l'état de cristobalite, puis de tridymite. Il faut, pour obtenir ce résultat, que la cuisson soit faite à une température élevée et suffisamment prolongée, les briques mal cuites sont fusibles et inutilisables. Cependant, lorsqu'on chauffe une bonne brique de silice, sa résistance mécanique diminue lorsque la température augmente, la raison en est que la solubilité de la silice croissant avec la température, il se produit une dissolution progressive du réseau cristallin. Cette solution sera d'autant plus lente que le réseau cristallin sera mieux constitué.

Les facteurs dont dépend la rigidité du réseau sont les suivants : proportion des fondants ; température actuelle de la brique ; bonne formation du réseau ; désagrégation du réseau par groupement ultérieur.

Proportion des oxydes fondants. Les auteurs ont analysé des briques de trois bonnes marques différentes : Star, Assailly, G I, cette dernière marque est française et une des meilleures. Les oxydes qu'ils ont trouvés sont les suivants : Al^2O^3, Fe^2O^3, Ca O, MgO, K^2O et des sulfates. Ils donnent dans un tableau les proportions de ces différents corps pour les briques des trois marques. D'après ce tableau, les bonnes briques de silice renferment de 3 à 5 pour 100 d'oxydes basiques et de 8 à 14 pour 100 de sulfates. Le rapport du poids des oxydes à celui des sulfates varie suivant la nature des bases. Cependant on peut admettre qu'en général le poids des oxydes représente 35 pour 100 du poids des sulfates. Il en résulte qu'il suffit de doser rapidement les sulfates pour apprécier la composition d'une brique de silice. — *Température.* La température à laquelle la brique est chauffée dépend de l'usage auquel elle est destinée. Dans les fours à acier elle doit supporter une température de 1 700° C, les briques Star, Assailly, G1 supportent très bien cette température. Si la brique est destinée à être chauffée à une température moins élevée, on peut admettre une proportion double d'oxydes basiques, ce qui facilite la fabrication.

Constitution du réseau. Pour réaliser cette opération très délicate, il faut chauffer la brique pendant plusieurs jours à une température de 1 450°. A cette température le magma est suffisamment fluide et le quartz ne se transforme pas directement et rapidement en cristobalite, ce qui est à éviter. Pour que la recristallisation de la silice momentanément dissoute dans la masse fondue soit complète et rapide, il faut que le quartz employé soit le plus fin possible ; toutefois une certaine proportion de gros grains est nécessaire pour éviter la formation de fentes.

Désagrégation du réseau. Si après cuisson il reste des grains non transformés et si on chauffe brusquement la brique à une température à laquelle le quartz se transforme rapidement, il se produit un gonflement qui brise le réseau et enlève toute solidité à la brique. En outre, la pression qu'elle supporte dans la voûte s'oppose à son gonflement latéral et il se produit le phénomène d'*écaillage*. C'est ce défaut qui est le plus grave et le plus fréquent des briques de mauvaise qualité. Le même phénomène se produit dans la fabrication des briques bien cuites au moment de la transformation directe des gros grains de quartz qui ne se dissolvent jamais que sur une très faible épaisseur, mais alors les inconvénients sont bien moindres, car le gonflement des briques peut se faire librement et le phénomène est assez lent pour permettre au réseau de se reformer sur les points où il a pu être brisé. Les auteurs terminent en donnant les résultats d'essais qu'ils ont faits sur des briques de marques différentes. Ces résultats les conduisent à la conclusion que toutes les bonnes briques ont à 1 600°, après une heure de chauffage, une résistance à l'écrasement au moins égale à 10 kg : cm² et que la prolongation du chauffage à cette température diminue fort peu leur résistance mécanique.

H. C.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Quelques remarques sur le fonctionnement en parallèle des transformateurs statiques

La lecture de l'analyse parue dans la « R. G. E.» du 29 septembre 1917, page 507, intitulée « le fonctionnement en parallèle des transformateurs statiques », a suggéré à un de nos lecteurs un certain nombre de réflexions, qu'il a bien voulu nous communiquer dans une lettre. Nous discutons dans le présent article les idées de notre lecteur, tout en le remerciant de nous les avoir transmises.

A la suite de la publication de l'analyse de MM. Lindley-Thompson et Austen-Stigant dans la « Revue générale de l'Électricité » du 29 septembre dernier (1), un de nos lecteurs, M. Charpentier, industriel à Meyzieu (Isère), a bien voulu nous soumettre quelques réflexions sur l'impression générale produite sur lui par la lecture de cet article.

La base de son raisonnement est, croyons-nous, la suivante :

Étant données les difficultés actuelles pour se procurer un matériel neuf déterminé et les délais relativement longs demandés par les constructeurs pour établir des transformateurs répondant à des données de fonctionnement et remplissant exactement les conditions spécifiées dans l'article précité, les exploitants peuvent avoir un besoin urgent d'utiliser des appareils qu'ils ont directement sous la main et qui peuvent être de puissances différentes et de constructions différentes.

I. — Nous admettrons, dans la suite de notre raisonnement, que les transformateurs triphasés en cause ont des tensions à vide égales au secondaire et qu'on les a couplés de manière correcte, tant au point de vue de la polarité qu'au point de vue du sens de rotation des phases.

Pour fixer les idées par un exemple concret, nous supposerons avec M. Charpentier le cas d'une usine génératrice ne possédant qu'une seule ligne de départ et qui se trouve amenée à distribuer par cette ligne unique une puissance maximum de 1 000 kv-a, correspondant à la pointe lors du maximum d'éclairage, tandis que la pointe de jour n'excède pas 500 kv-a. Cette usine a à sa disposition, pour élever la tension primaire de ses alternateurs à la tension secondaire de distribution, deux transformateurs élévateurs, l'un de 500 kv-a, l'autre de 1 000 kv-a. Les rapports de transformation à vide de ces appareils sont égaux et, comme cela arrive généralement, la chute de tension est plus faible pour le transformateur de 500 kv-a que pour celui de 1 000 kv-a.

On ne pourra généralement pas obtenir une marche en parallèle satisfaisante de ces deux appareils, et il sera bon d'éviter cette expérience ; mais, comme le dit fort bien M. Charpentier, on pourra utiliser les deux appareils disponibles de la manière suivante : pendant les heures de jour, on branchera seul sur la ligne le transformateur de 500 kv-a tant que la puissance demandée par le réseau n'excédera pas sa puissance nominale, puis le transformateur de 1 000 kv-a lorsque le débit aura dépassé la puissance du premier appareil, on débranchera alors des barres omnibus le transformateur de 500 kv-a, puis on effectuera l'opération inverse lorsque le débit du réseau aura atteint de nouveau la valeur correspondant à la puissance nominale de ce dernier. Dans ces conditions, les transformateurs ne resteront en parallèle qu'un temps très court et l'opération est parfaitement possible, si toutefois les surcharges prises par l'un ou l'autre appareil au moment du couplage en parallèle restent dans les limites des surcharges admises par le constructeur.

D'une manière générale, on établit la plupart du temps, en France du moins, les transformateurs pour pouvoir supporter les surcharges suivantes : 20 pour 100 pendant deux heures sans échauffement dangereux pour les enroulements ; 50 pour 100 pendant cinq minutes ; 100 pour 100 momentanément. Il faut donc, pour que cette mise en parallèle instantanée soit possible, que l'à-coup produit par cette mise en parallèle ne dépasse pas la surcharge maximum instantanée admissible pour le transformateur de plus faible puissance nominale.

Remarquons que l'à-coup peut être très différent suivant que l'on passe du transformateur de 500 kv-a au transformateur de 1 000 kv-a ou inversement.

On peut, en effet, s'expliquer le phénomène qui se produit au moment de la mise en parallèle de deux transformateurs qui n'ont pas les mêmes tensions secondaires aux bornes de la façon suivante : un courant de circulation s'établit entre les deux appareils, de manière à créer l'égalité de tension entre eux, c'est naturellement

(1) Lindley-Thompson et Austen-Stigant. *Electrician* 9 et 16 février 1917, t. LXXVIII, p. 573-576 et 609-612.

Digitized by Google

le transformateur ayant la tension la plus élevée qui émet ce courant de circulation.

La valeur de ce courant est directement proportionnelle à la différence de tension aux bornes et inversement proportionnelle à la somme des chutes de tension dues à l'impédance des deux transformateurs. Or, lorsqu'on couple un transformateur en charge avec un transformateur non chargé ayant le même rapport de transformation à vide que le précédent, tout se passe sensiblement comme si on couplait en parallèle à vide deux transformateurs ayant des tensions aux bornes différentes. Pour fixer les idées, prenons un exemple numérique se rapportant aux deux transformateurs ci-dessus. Supposons que ces deux transformateurs soient des transformateurs élévateurs triphasés, dont la tension secondaire du côté haute tension soit 10 000 v à vide; que la chute de tension à pleine charge du transformateur de 500 kv-A, due à l'impédance de ce transformateur soit de 3,0 pour 100; celle du transformateur de 1 000 kv-A, de 4,5 pour 100; les courants de pleine charge pour les deux transformateurs ci-dessus seront respectivement (par phase) :

Pour le transformateur de 500 kv-A

$$I = \frac{500\,000}{10\,000 \times 1{,}73} = 28{,}9 \text{ A};$$

Pour le transformateur de 1 000 kv-A,

$$I = \frac{1\,000\,000}{10\,000 \times 1{,}73} = 57{,}8 \text{ A};$$

Nous supposerons que le transformateur de 500 kv-A étant arrivé à sa pleine charge, on veuille le remplacer par le transformateur de 1 000 kv-A et effectuer le couplage en parallèle instantané signalé ci-dessus.

A ce moment, la tension aux bornes du transformateur de 500 kv-A sera de

$$10\,000 - 10\,000 \times 0{,}03 = 9\,700 \text{ v.}$$

Celle du transformateur de 1 000 kv-A sera, par définition, 10 000 v; d'où une différence de tension aux bornes de 300 v. Le courant d'échange par phase parcourant les bobinages au moment du couplage en parallèle (en pour 100 du courant de pleine charge) sera, pour le transformateur de 500 kv-A

$$\frac{300 \times 100}{\frac{3 \times 9\,700}{100} + \frac{4{,}5 \times 10\,000}{100} \times \frac{28{,}9}{57{,}8}} = 58 \text{ pour 100 environ du courant de pleine charge.}$$

Comme il s'agit là d'un courant de circulation parcourant les bobinages secondaires des deux transformateurs, ce courant correspond dans le transformateur de 1 000 kv-A à $\frac{28{,}9 \times 0{,}58}{57{,}8} = 29$ pour 100 environ du courant de pleine charge. On voit donc que le transformateur de 500 kv-A au moment du couplage, s'il débitait déjà auparavant sa puissance normale, sera parcouru instantanément par un courant résultant correspondant à 158 pour 100 du courant normal de pleine charge. Le raisonnement ci-dessus n'est toutefois qu'approximatif, car pour calculer exactement la répartition du courant entre les deux transformateurs, il faudrait tenir compte des rapports $\frac{R}{X}$ entre la résistance et la réactance de chacun des deux transformateurs.

Voyons maintenant ce qui peut se produire au moment du couplage du transformateur de 500 kv-A en parallèle avec le transformateur de 1 000 kv-A à demi-charge. Dans ces conditions, la chute de tension due à l'impédance de ce dernier se trouve réduite à 2,25 pour 100.

La valeur du courant de circulation en pour 100 du courant de pleine charge sera, dans ces conditions,

$$\frac{225 \times 100}{\frac{4{,}5 \times 9\,775}{100} + \frac{3 \times 10\,000}{100} \times \frac{57{,}8}{28{,}9}} = 21{,}63 \text{ pour 100}$$

du courant de pleine charge,

ce qui correspond pour le transformateur de 500 kv-A à

$$\frac{57{,}8 \times 0{,}2163}{28{,}9} = 44 \text{ pour 100 environ du courant de pleine charge.}$$

Nous voyons donc, d'après les données ci-dessus, qu'il y aura d'assez violents à-coups au moment du couplage en parallèle exigé par la substitution d'un appareil à l'autre sans interruption du réseau. Remarquons que, dans l'exemple choisi, nous avons admis l'égalité des tensions à vide aux secondaires et des chutes de tension résultantes relativement peu différentes l'une de l'autre. Nous avons donc plutôt envisagé un cas favorable.

En résumé, si nous nous en tenons aux conditions de surcharge que nous avons énoncées plus haut, nous voyons que la mise en parallèle instantanée des deux transformateurs dont il s'agit, peut être effectuée sans trop d'inconvénients. Il est à remarquer toutefois que ces manœuvres, répétées plusieurs fois par jour, ne peuvent être que préjudiciables à la bonne marche du réseau et à la vie des appareils d'alimentation. Les à-coups brusques qui se produiront au moment de chaque couplage en parallèle seront nécessairement suivis d'oscillations susceptibles d'engendrer des ondes vagabondes qui peuvent être dangereuses pour certains points du réseau, remplissant les conditions de capacitance et de réactance correspondant aux phénomènes de résonance.

II. — Toutes les observations que nous venons de faire ci-dessus s'appliquent évidemment sans aucune restriction au deuxième cas envisagé par M. Charpentier, où l'usine génératrice possédant deux lignes de départ, on fait débiter chaque transformateur sur une

Digitized by Google

ligne déterminée, dont le débit correspond à sa puissance normale, en se réservant la possibilité de réunir les deux lignes sur un seul des deux transformateurs, lorsque la puissance débitée par l'ensemble ne dépassera pas la puissance nominale de l'un deux.

Dans ce cas, comme dans le précédent, si on ne veut pas d'interruptions de courant sur le réseau, il faut envisager la mise en parallèle instantanée des appareils; de plus, on est conduit avec un tel système à compliquer considérablement le schéma du poste de transformation; or il est admis, d'une manière générale par tous les installateurs, qu'on doit de plus en plus s'appliquer à simplifier les postes de transformation dans le but surtout d'éviter des croisements de fils, des encombrements inutiles, des passages trop restreints et, par-dessus tout, pour diminuer les causes de fausses manœuvres.

Regardons à ce sujet, d'un peu plus près, le schéma à réaliser dans le dernier cas que nous citons (fig. 1). Nous supposerons, comme précédemment, deux transformateurs élévateurs respectivement de 500 et de 1 000 kv-a, chacun d'eux pouvant débiter sur l'une ou l'autre des lignes de départ, les deux lignes étant susceptibles d'autre part d'être bouclées en parallèle. Il faut pour cela réaliser le schéma de la figure 1, et comme il est nécessaire de ne pas interrompre le fonctionnement du réseau, il faut opérer en charge et non à vide; on ne peut donc pas se contenter de faire les manœuvres au moyen de sectionneurs, il faut avoir recours à des interrupteurs à huile supplémentaires. Ce schéma de la figure 1 est nécessaire pour permettre de réaliser les mêmes possibilités que celui de la figure 2, dans lequel on a supposé qu'on faisait fonctionner deux transformateurs de 500 kv-a en parallèle sur les barres omnibus de départ et que le troisième transformateur figuré est un transformateur de réserve. Remarquons tout de suite que le schéma de la figure 2 réalise une disposition beaucoup plus avantageuse que celui de la figure 1. Il permet de faire toutes les combinaisons possibles sans l'intermédiaire de l'interrupteur I_4 (fig. 1) et des deux jeux de sectionneurs S_5 (fig. 1); enfin il supprime tout danger de fausses manœuvres et permet, grâce à la possibilité de marche en parallèle des deux transformateurs de 500 kv-a, un fonctionnement parfait du réseau. De plus, dans le premier schéma (fig. 1), on n'a qu'une réserve incomplète en cas d'accident à l'un des transformateurs, car, si l'on peut admettre que, dans une certaine mesure, le transformateur de 1 000 kv-a peut servir de réserve au transformateur de 500 kv-a, par contre, le transformateur de 500 kv-a ne peut être envisagé comme une réserve à celui de 1 000 kv-a.

Le schéma de la figure 2, par contre, permet de prévoir une réserve logique tout en assurant une exploitation plus économique encore que la solution représentée par le schéma de la figure 1 (1).

(1) Il ne faut pas confondre le problème spécial que nous analysons ici avec le problème plus général qui s'applique aux très fortes puissances et aux très grandes usines de production et qui consiste à faire correspondre à chaque alternateur un transformateur-élévateur débitant sur une ligne spéciale, en se réservant la possibilité, grâce à des jeux de barres omnibus convenables, de connecter chaque alternateur sur l'un quelconque des transformateurs-élévateurs et de réunir ce dernier à l'une quelconque des lignes de transport. Un exemple de ces combinaisons a été donné dans la *Revue générale de l'Électricité* du 30 juin 1917, t. I, p. 1033 dans une analyse intitulée : « La protection contre les surintensités dans la centrale de Golpa ».

Quelques remarques en passant sur les deux schémas dont il s'agit ici.

1° On pourrait supprimer dans chacun d'eux les interrupteurs à huile I_3, ainsi que les jeux de sectionneurs S_3, les manœuvres se feraient alors par les interrupteurs I_2. On se contenterait dans ce cas, pour séparer complètement les transformateurs des lignes de départs (fig. 1) ou des barres omnibus (fig. 2), des jeux de sectionneurs S_6. — Remarquons que cette suppression est plus facile à faire dans le cas de la figure 2 que dans l'autre, car on a tout le temps pour exécuter les manœuvres, ce qui n'est pas le cas de la figure 1 où il faut manœuvrer rapidement à cause des effets perturbateurs produits par la mauvaise marche en parallèle des transformateurs.

2° En ce qui concerne la disposition des sectionneurs, il y a grand intérêt à ce que le point de rotation du sectionneur et le couteau ne restent pas sous tension lorsque le sectionneur est ouvert. Pour cela, il faut, dans le schéma, adopter le principe que l'axe de rotation doit toujours être par rapport à l'intervalle de sectionnement du côté opposé à l'arrivée de la source. Exemple, dans la figure 1, les sectionneurs S_1 doivent être fermés pour permettre la mise en parallèle de l'alternateur A_1 avec les barres omnibus, avant la fermeture de l'interrupteur I_1; la source de courant pour les sectionneurs S_1 est l'alternateur 1; par contre, la source de courant pour les sectionneurs S_2 est le système de barres omnibus, car pour pouvoir ouvrir les sectionneurs S_2, il faut tout d'abord ouvrir l'interrupteur I_1 et ainsi de suite. Il y a pourtant parfois des cas douteux, par exemple, pour les sectionneurs S_7 de la figure 7.

Il en est naturellement de ce principe comme de tous les autres, il faut s'efforcer de l'appliquer autant qu'on le peut, mais sans la rigidité absolue qui consisterait, comme cela arrive dans certains cas, à compliquer fortement certaines installations, pour ne pas vouloir y déroger.

III. Résumé. — On voit que les installations qu'on peut envisager en considérant l'emploi de transformateurs ne fonctionnant pas en parallèle ne sont que des moyens de fortune, auxquels on ne doit avoir recours que dans des cas tout à fait spéciaux et urgents. Le principe rationnel de l'établissement des sous-stations consiste à choisir un nombre judicieux de transformateurs de puissance égale et de mêmes caractéristiques pouvant fonctionner convenablement en parallèle et permettant de réduire au minimum les appareils de réserve tout en conservant la même sécurité d'exploitation.

Il ne faut pas du reste se faire un monde des difficultés qu'on peut éprouver à faire construire des appa-

Digitized by Google

reils nouveaux, capables de fonctionner en parallèle d'une manière suffisante avec des appareils déjà existants, même s'ils doivent être d'une puissance différente des premiers. — Il suffit pour cela de donner aux constructeurs les renseignements suivants pour les appareils existants : 1° puissance des appareils ; 2° polarité ;

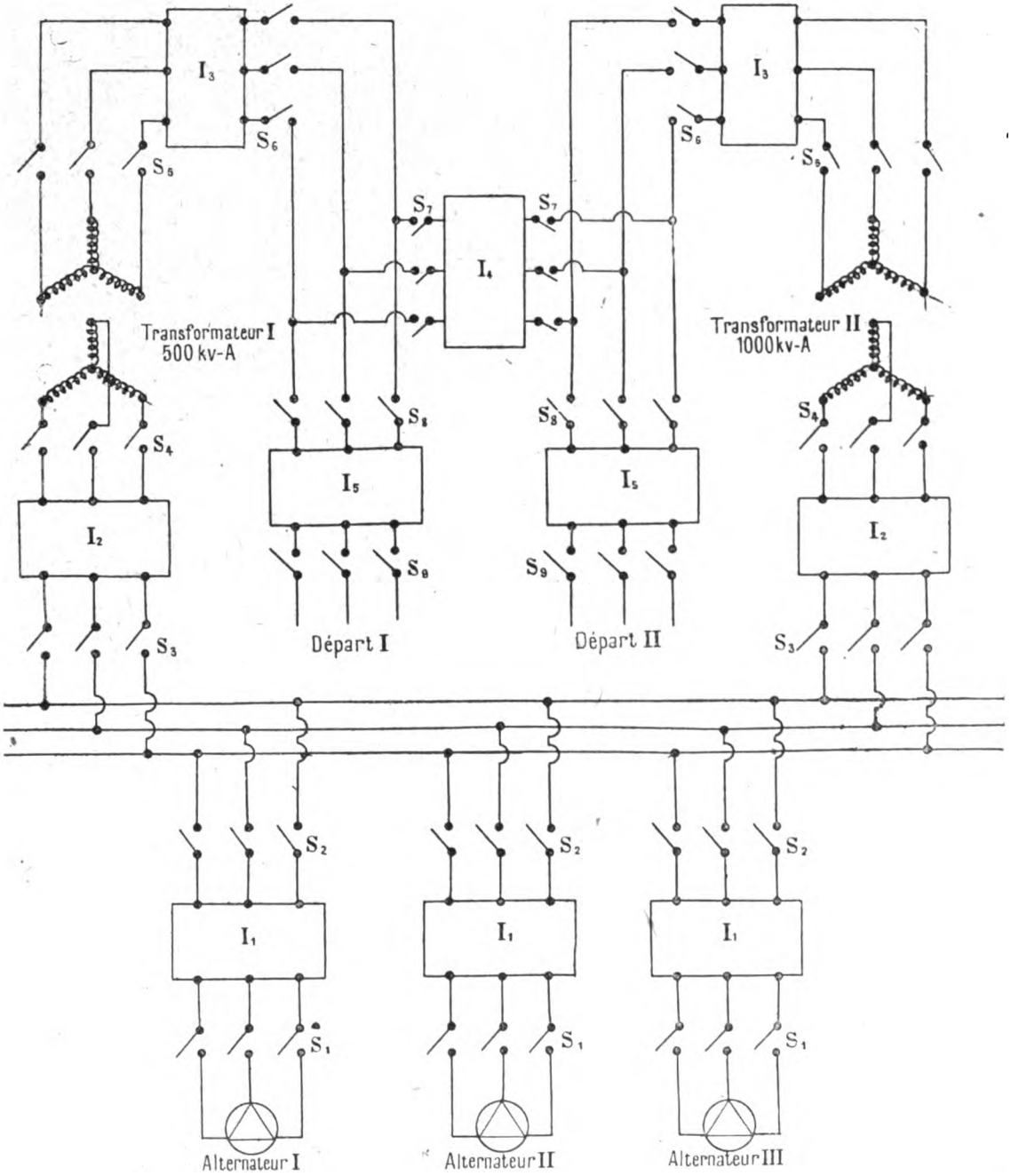


Fig. 1. — Schéma d'une usine génératrice à deux départs alimentés par un transformateur indépendant.
S. sectionneurs ; I, interrupteurs à huile.

3° tension de court-circuit ; 4° rapport de transformation à vide ; 5° rapport de transformation en charge ; 6° résistances des bobinages primaire et secondaire ; 7° chute ohmique de tension ou rendement et pertes à vide.

Tous ces renseignements sont du reste faciles à obtenir et sont généralement mentionnés sur les comptes rendus des essais faits par le constructeur en plate-forme : il est donc possible en général de se les procurer sans difficulté ; il faut les mesurer, si on ne les possède pas. On peut, dans ces conditions, et en communiquant ces ren-

Digitized by Google

seignements au constructeur chargé de l'exécution des nouveaux appareils, obtenir des transformateurs se répartissant la charge à $\pm$ 5 ou 10 pour 100 près.

Lorsqu'on a en sa possession des appareils ne répondant pas aux conditions de marche en parallèle, on peut essayer de réduire le courant de circulation et d'obtenir une marche en parallèle dans des conditions suffisantes en intercalant entre les transformateurs et les barres

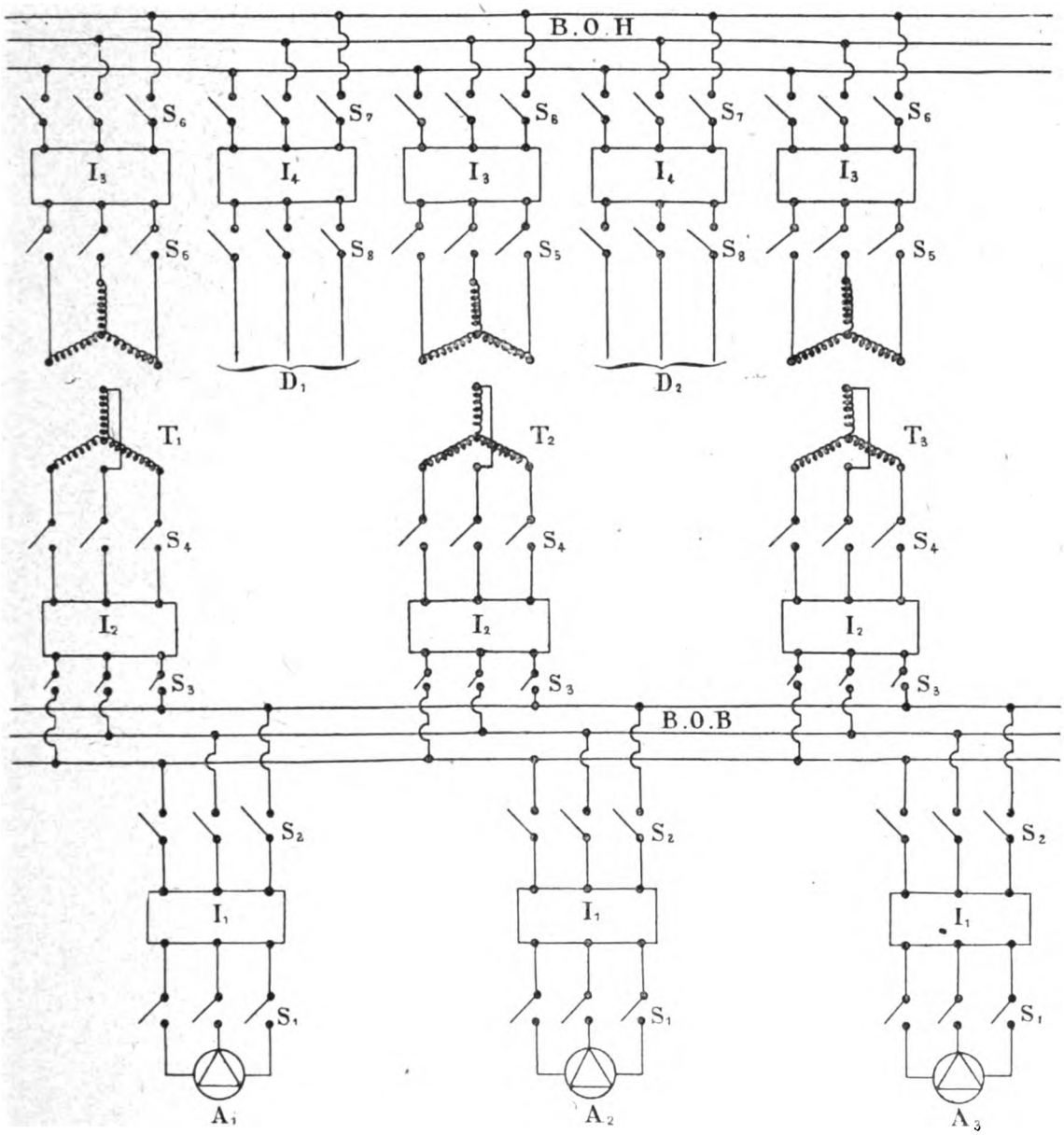


Fig. 2. — Schéma d'une usine génératrice avec deux départs branchés sur les barres omnibus, les transformateurs élévateurs fonctionnant en parallèle.

A, alternateurs; S, sectionneurs; I, interrupteurs à huile; T, transformateurs; D, départs; B.O.B, barres omnibus basse tension; B.O.H, barres omnibus haute tension.

omnibus des bobines de réactance, modifiant dans le sens convenable l'impédance de l'ensemble. Pour permettre au constructeur de résoudre ce problème, il faut naturellement lui communiquer tous les renseignements ci-dessus pour chacun des types d'appareils qu'on désire faire marcher en parallèle.

Nous prions nos lecteurs de bien noter très exactement que, lorsqu'on fait une demande de prix à un constructeur pour un transformateur destiné à marcher en parallèle avec des transformateurs existants, il faut toujours le signaler au constructeur et lui communiquer les renseignements ci-dessus. Si on ne prend pas cette précaution, le constructeur offrira un appareil de la série normale de construction, qui ne répondra nullement aux besoins

Digitized by Google

de la cause et qui présentera tous les inconvénients signalés ci-dessus.

Il n'y a pas lieu non plus de croire qu'actuellement les délais soient excessivement longs pour la fabrication des transformateurs. La plupart des constructeurs français livrent dans des délais variant entre trois à quatre mois des transformateurs jusqu'à 1 500 kv-A pour des tensions comprises entre 3 000 et 50 000 v ; pour les puissances et les tensions supérieures le délai normal varie entre quatre et cinq mois. E. P.

Erratum. — Nous remarquons que, dans la « Revue générale de l'Électricité » du 29 septembre 1917, t. II p. 512, il y a lieu dans les dernières colonnes du tableau IV de modifier les nombres se rapportant aux cas des différentes figures 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, et 10 de la page 511. Il faut donc lire 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 au lieu de 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.

Revues, analyses et informations

Sur le fractionnement des chutes d'eau (1).

Il a été souvent répété que, étant donnée une certaine différence de niveau entre une canalisation d'eau et le point de transformation en énergie électrique, il convient d'établir entre les deux points une seule conduite (à un ou plusieurs éléments) de façon à pouvoir utiliser toute la chute dans une seule centrale. Une telle règle ne peut avoir valeur d'axiome ; dans certains cas, ainsi que l'auteur se propose de le démontrer, elle ne correspond pas aux conditions d'économie maximum. En subdivisant la chute totale en plusieurs chutes en série, on peut obtenir une installation plus économique que celle correspondant à une seule centrale.

Les principaux éléments qui entrent en jeu dans la comparaison économique des deux solutions sont :

Les forces hydrauliques ;

Les conduites forcées ;

Les centrales (construction et équipement) ;

Les groupes électrogènes ;

Les lignes de transport électrique.

Si l'on adopte le système à centrale unique, les conduites forcées augmentent ; si l'on adopte le système à centrales en série les frais d'installation des centrales augmentent.

Fixons analytiquement la limite économique qui sépare les deux solutions :

Soit une chute A B $= H$ (voir la figure 1). Le débit et la

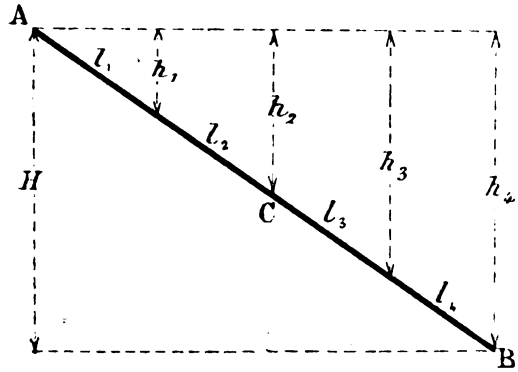


Fig. 1.

perte maximum que l'on ne veut pas dépasser permettent de déterminer le diamètre d de la conduite. Pour de grands diamètres et des pressions élevées la conduite sera composée de tubes en tôle d'acier, le ciment armé n'étant pas à recommander pour des pressions supérieures à 3 ou 4 atmosphères. L'épaisseur e de la conduite devra alors être supérieure, ou au moins égale à la valeur donnée par la formule

$$e \geq \frac{h}{2} \cdot \frac{d}{\sigma}$$

ou, exprimant h en mètres d'eau, e en millimètres et prenant 7 kg : mm² comme charge de sécurité σ

$$e \geq 0{,}0714\ h.d.$$

Lorsque h augmente, c'est-à-dire à mesure que l'on approche du niveau inférieur, e augmente.

Comme il n'est pas possible d'établir des conduites dont l'épaisseur aille constamment en croissant uniformément, on divise la chute A B en un certain nombre n de tronçons et on donne à chacun d'eux l'épaisseur correspondant au niveau de sa partie inférieure.

Dans la figure nous avons supposé $n = 4$. Le poids du mètre linéaire de conduite est

$$p = \pi . d . e . \delta . 10^3.$$

Remplaçant e par la valeur obtenue,

$$p = 1{,}72\ h d^2,$$

ou mieux, pour tenir compte des joints,

$$p = 2\ h d^2.$$

Le poids total de la conduite sera

$$P = \Sigma p.l = 2 d^2 (h_1 l_1 + \ldots + h_n l_n);$$

si pour simplifier nous supposons

$$h_1 = \frac{h_2}{2} = \ldots = \frac{h_n}{n},$$

et

$$l_1 = l_2 = \ldots = l_n = \frac{L}{n},$$

on obtient

$$P = 2 d^2 \frac{L}{n} (h_1 + 2 h_1 + \ldots + n h_1) = d^2 L h_1 (n+1) = d^2 L H \frac{n+1}{n}.$$

(1) Ferdinando Pagliaro. *Elettrotecnica*, 25 juillet 1917, n° 21, t. IV, p. 388-390, 2200 mots, 1 fig.

Digitized by Google

Représentons par K le prix du kilogramme de conduite, le coût total de la conduite sera, en francs,

$$F_1 = \frac{n+1}{n}.K.H.L.d^2.$$

Supposons maintenant une centrale en un point intermédiaire C (à la fin du m^{eme} tronçon) et une seconde en B et calculons le prix de la conduite.

Pour le tronçon AC on aura

$$F_2' = Kd^2\frac{HL}{n^2}\,\frac{m(m+1)}{2} = K.d^2.H.L.\frac{m(m+1)}{n^2}.$$

Pour le second tronçon BC la dépense sera

$$F_2'' = K.d^2.H.L\,\frac{(n-m+1)\,(n-m)}{n^2}.$$

Additionnons

$$F_2 = F_2' + F_2'' = K.d^2.\frac{H.L}{n^2}\left\{m(m+1)+(n-m+1)\,(n-m).\right\}$$

Supposant $m = \frac{n}{2}$.

$$F_2 = K.d^2.\frac{H.L}{n^2}\left\{\frac{n}{2}\left(\frac{n}{2}+1\right)+\left(\frac{n}{2}+1\right)\frac{n}{2}\right\} = K.d^2.H.L.\frac{n+2}{2n}.$$

Comparant F_1 et F_2 nous remarquons une forte différence. En supposant $n = 4$ on réalise une économie de 60 pour 100 sur les frais de la conduite par l'installation d'une centrale intermédiaire.

D'autre part, ainsi que nous l'avons dit, le système à centrales multiples nécessitera l'installation d'une ligne de transmission entre les centrales, dans l'exemple actuel d'une longueur de $\frac{L}{2}$ environ et d'un prix de

$$C = c\,\frac{L}{2}\,10^{-3},$$

c étant le prix de la ligne par kilomètre.

En ce qui concerne le fractionnement de groupes électrogènes, on remarquera que leur prix est sensiblement proportionnel à leur puissance. Par conséquent, le prix en sera le même dans les deux cas.

Il n'en sera pas de même pour la construction et l'équipement des centrales. Soient alors :

G, le prix des groupes hydro-électriques ;

S_1, les dépenses pour une centrale unique ;

S_2, les dépenses pour chacune des deux centrales en série ;

C, le prix de la ligne de transmission.

La dépense dans le cas de centrale unique est

$$Q_1 = K\,\frac{n+1}{n}.H.L.d^2 + G + S_1 = F_1 + G + S_1.$$

Dans le cas des deux centrales en série

$$Q_2 = K.\frac{n+2}{2n}.H.L.d^2 + G + 2S_2 + C,$$

ou, avec une approximation suffisante

$$Q_2 = \frac{1}{2}F_1 + G + 2S_1 + C.$$

Faisant la différence, on trouve

$$Q_1 - Q_2 = \frac{1}{2}F_1 - (S_1 + C),$$

qui est la relation fondamentale qui permettra de fixer le choix sur l'une ou l'autre solution.

L'auteur observe que, en général, pour les hautes chutes

$$\frac{1}{2}F_1 > (S_1 + C).$$

Il convient alors de fractionner la chute. Un projet important a récemment permis à l'auteur de vérifier l'exactitude de ses vues.

L'étude ne s'arrête évidemment pas là. Il faut, en effet, rechercher les avantages possibles de trois, quatre... centrales en série. Le calcul se conduit de la même façon que le précédent.

Pour le cas de trois centrales, la première étant au m^{eme} tronçon, la seconde au r^{eme}, la dépense est :

$$F_3 = Kd^2.\frac{H.L}{n^2}\left\{m(m+1)+(r-m+1)(r-m)+(n-r+1)(n-r)\right\}.$$

En supposant $m = \frac{r}{2} = \frac{n}{3}$

$$F_3 = Kd^2.\frac{H.L}{n^2}\,3\left(\frac{n}{3}+1\right)\frac{n}{3} = K\,\frac{n+3}{3n}.H.L.d^2.$$

Finalement, pour un nombre x quelconque de centrales, la dépense en conduites seulement est

$$F_x = K.\frac{n+x}{x.n}.K.L.d^2.$$

L'exemple suivant permettra de mieux saisir ces calculs.

Soit une chute de 300 m, d'un débit de 15 m³ : sec. La pente est uniforme sur toute la longueur de 3 km. Ayant fixé une certaine perte totale au moyen des formules de Darcy, Levy, Vallot... on obtient le diamètre d que nous supposerons égal à 2 m. Supposons d'abord le système à centrale unique et divisons la conduite en 10 tronçons égaux ($n = 10$). Les épaisseurs des divers tronçons sont

1er	tronçon	7 mm
2e	Id.	8 Id.
3e	Id.	13 Id.
4e	Id.	17 Id.
5e	Id.	22 Id.
6e	Id.	26 Id.
7e	Id.	30 Id.
8e	Id.	34 Id.
9e	Id.	38 Id.
10e	Id.	42 Id.

Le poids moyen sera d'environ 1 290 kg au mètre courant. La longueur de la conduite étant de 3 km, le poids en sera de 3 870 000 kg.

Soit un prix unitaire K de 1 fr : kg.

Prix de la conduite.....	3 870 000 fr.
Frais de construction de la centrale.....	50 000
Equipement de la centrale.....	100 000
Dépense totale.....	4 020 000 fr.

Supposons au contraire la chute divisée en deux par une centrale intermédiaire située à 1,500 km.

Digitized by Google

Dans le premier tronçon l'épaisseur variera de 7 à 22 mm. Le poids moyen sera de 750 kg au mètre courant de conduite, soit au total pour la première chute 1 105 000 kg.

Pour la deuxième chute la canalisation sera de même épaisseur, par conséquent son poids sera le même que pour la première chute.

Le poids total des conduites sera donc de 2 210 000 kg. Les frais seront donc ainsi composés :

Conduites	2 210 000 fr.
Prix de construction des deux centrales : 50 000×2	100 000
Equipement de la première centrale (y compris le transformateur)	250 000
Equipement de la seconde centrale	100 000
Ligne de transmission de la première centrale à la seconde 1,5 km à 20 000 fr	30 000
Dépense totale	2 690 000 fr.

Comparant les deux résultats, on trouve en faveur du système à deux centrales une économie de 1 330 000 fr, bien que certains des chiffres relatifs à ce dernier système soient nettement exagérés.

En fait, l'économie est encore plus sensible lorsque la pente n'est pas uniforme entre A et B. Dans ce cas, on peut établir la centrale intermédiaire immédiatement après une pente rapide et avant un parcours à faible pente sur lequel on pourra utiliser une canalisation à ciel ouvert.

Faisons maintenant la supposition de trois centrales équidistantes. La dépense totale sera ainsi composée :

Conduites	2 010 000 fr
Construction des 3 centrales	150 000
Equipement des deux premières centrales	400 000
Equipement de la troisième centrale	100 000
Lignes de transmission	40 000
Dépense totale	2 700 000 fr.

De la comparaison des frais il résulte que la solution la plus économique est le système à une seule centrale intermédiaire.

Il peut parfois se produire que les frais d'installation d'un certain nombre de centrales soient plus faibles que ceux correspondant à un nombre de centrales inférieur, mais il ne faut pas oublier qu'un petit avantage économique d'installation peut ne pas compenser la dépense plus grande pour le fonctionnement, ni la perte d'énergie par le fractionnement de la puissance et par les transmissions. P. G.

Emploi de la tourbe en poudre comme combustible par les chemins de fer de l'État suédois (1).

Le problème de l'exploitation des vastes dépôts de tourbe existant dans le monde, d'une manière rationnelle et rémunératrice, a tenté plus d'un ingénieur et plus d'un inventeur, mais, à quelques exceptions près, tous les résultats à ce jour furent mauvais.

La Suède paraît être le pays où, à l'heure actuelle, la solution a été la plus satisfaisante ; d'éminents ingénieurs tels que de Laval y ont apporté grand intérêt et persévérance et ont amené la solution dans une voie satisfaisante.

L'État suédois, désireux d'aider à l'exploitation des ressources naturelles du pays, a entrepris pour ses chemins de fer, un important travail qui a dépassé le stade initial des tâtonnements et peut être étudié avec fruit en vue de son application en d'autres lieux.

(1) *Engineering*, 3 août 1917, t. CIV, p. 125-126, 1500 mots.

Il y a quelques années, les chemins de fer suédois, ont commencé les essais de tourbe séchée à l'air comme combustible pour les locomotives, mais ils y renoncèrent au bout de peu de temps.

En 1914, le problème de l'utilisation de la tourbe s'est présenté sous un nouveau jour et les chemins de fer suédois ont repris la question après les expériences concluantes du chemin de fer privé de Rimbo dont une locomotive, équipée pour brûler de la tourbe en poudre, est en service depuis l'été 1914, démontrant la possibilité d'un emploi commercial de la tourbe comme combustible de locomotive.

Le principal avantage de la tourbe en poudre est de n'avoir que 12 à 15 pour 100 d'eau et de se prêter à l'usage de foyers automatiques.

L'État suédois a été amené à équiper une usine près des dépôts de Häslayen, à Vislando d'après le système Ekelund pour la production de tourbe en poudre. Les dépôts y couvrent une surface de 200 hectares d'une puissance de 2 m environ, ce qui représente 5 000 000 m³ de tourbe.

On a tablé sur une extraction annuelle de 220 000 m³ de tourbe que l'on enlève par trois machines électriques capables chacune de rendre 30 m³ : h, pendant 100 jours par an. Après extraction, le sol est nivelé et semé de gazon pour le consolider.

Des extracteurs, la tourbe passe sur des wagonnets qui qui l'amènent aux terrains de sécharge où elle est étendue par un appareil spécial, qui, en principe, se compose de quatre arbres et quatre hélices placées sous l'appareil ; les deux premières hélices sont munies de diviseurs, dans le genre des chasse-neige et les quatre arbres sont disposés à des hauteurs variables au-dessus du sol, de telle sorte que la quatrième hélice assure à la tourbe une épaisseur uniforme d'épandage sur le terrain.

On découpe ensuite cette couche de tourbe par un appareil à couteaux, dans deux sens perpendiculaires, de telle sorte qu'après un premier séchage, les parallélipipèdes sont retournés successivement sur leurs différentes faces pour en activer la dessiccation. On les met ensuite en tas et lorsque le pourcentage d'eau est réduit à 40 pour 100, la tourbe est prête à être pulvérisée.

La pulvérisation proprement dite de la tourbe comprend trois stades, le broyage, le séchage et la pulvérisation.

Un premier broyage est exécuté sommairement, puis la tourbe est réduite plus finement et conduite au séchoir, chauffé avec les résidus de pulvérisation et de la tourbe séchée à l'air : les courants gazeux dans l'appareil suivent un chemin inverse de la tourbe qui en est séparée par des cloisonnements en fonte.

A la sortie du séchoir et avant d'entrer au moulin broyeur, la tourbe passe sur un tamis dont le produit va rejoindre la tourbe pulvérisée, qui est envoyée dans les dépôts de machines dans des wagons spéciaux, dont le fond, en forme de pyramide renversée, est muni d'un collecteur qui amène la poudre de tourbe dans le foyer de la locomotive au moyen d'une chasse d'air comprimé, à la partie inférieure de la pyramide. Cet air comprimé est produit par un compresseur rotatif Hulst à vapeur monté sur la machine.

L'inflammation de la tourbe a lieu au contact d'un petit feu de charbon placé devant le collecteur d'amenée ; on en estime la dépense entre 3 et 4 kg de charbon par 100 kg de poudre de tourbe.

Les essais ont montré que 1,5 kg de poudre de tourbe produit la même quantité de vapeur que 1 kg de charbon, ou, en d'autres termes, que la poudre de tourbe produit autant de vapeur qu'une quantité de charbon pesant les 2/3 de son poids. J. D.

Digitized by Google

Espacement et épaisseur des balais (1).

L'espacement exact des balais à la périphérie du collecteur est un des points les plus importants de la manœuvre des moteurs ou génératrices multipolaires et également l'un des plus fréquemment négligés.

Perturbations dues a un espacement défectueux des balais. — Cette cause peut produire de forts courants de court-circuit entre balais de même polarité par l'intermédiaire des câbles de connexion. La tension de courant est faible, elle est égale à la différence de tension des lames du collecteur sous les balais dont l'espacement est mauvais, mais l'intensité est élevée ; la perte de puissance est donc faible, mais l'échauffement du collecteur est anormal.

La figure 1 représente un collecteur dont l'espacement des balais est uniforme; toutefois le porte-balais A n'a pas

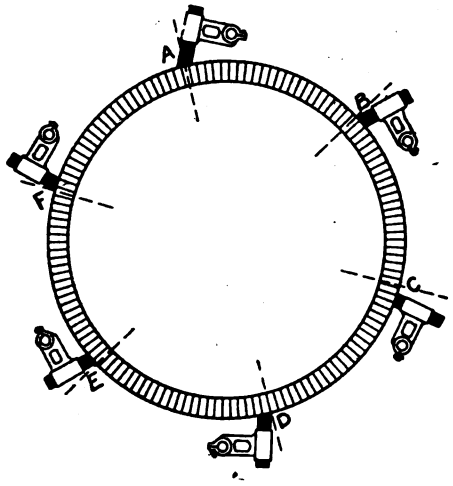


Fig. 1. — Schéma d'un collecteur montrant un espacement irrégulier des balais.

été assez rapproché du collecteur et le porte-balais C a été, au contraire, trop rapproché. Il en résulte que le premier balai est décalé d'une lame en avant de la ligne neutre et le second, d'une lame en arrière. Cette différence suffit à produire un contact de court-circuit, à moins que la zone neutre de la machine n'ait une étendue assez anormale.

Dans le but de déterminer ce courant de court-circuit, l'auteur a effectué quelques essais sur une génératrice de la General Electric Cy, type M. P., hexapolaire, 600 t : min, 100 kw, 250 v, 400 a. La barre de jonction des balais positifs était étalonnée soigneusement au moyen d'un millivoltmètre permettant de déterminer le courant qui la parcourait. Les balais de l'un des porte-balais étaient déplacés en avant de l'écartement normal des trois quarts de la largeur d'une lame et la génératrice mise en marche à vide à tension normale. A vide, le point neutre électrique coïnciderait avec le point neutre mécanique, c'est-à-dire à mi-distance des pièces polaires. La zone neutre de cette machine étant assez étendue, l'inégalité d'espacement produisait un courant de court-circuit très faible. Lorsque les balais étaient déplacés de deux lames en avant de la ligne neutre, le courant de court-circuit atteignait 800 a, soit deux fois l'intensité à pleine charge de la machine. La densité de courant dans le balai en position défectueuse était de près de 35 a : cm² et de 17 a : cm² dans les deux autres balais de même polarité. L'échauffement était très grand et le collecteur fut fort endommagé.

Régularisation de l'espacement des balais. — Pour les machines ayant une zone neutre assez large, un espacement suffisamment régulier sera obtenu en comptant le nombre de lames du commutateur, divisant par le nombre de lignes de balais et en espaçant celles-ci de ce même nombre de lames. Une méthode préférable, surtout lorsque la zone neutre de la machine est étroite, consiste à couper une bande de papier de longueur exactement égale à la circonférence du collecteur et diviser cette longueur en autant de parties égales qu'il y a de lignes de balais; disposer ensuite la bande de papier autour du collecteur et faire coïncider les balais avec les marques.

S'il existe encore un courant de court-circuit entre les balais, il résulte probablement d'une irrégularité du champ : vérifier d'abord l'égalité des entrefers et les enroulements inducteurs. Si ceux-ci sont en bon état, tailler deux crayons à mine de plomb sur un côté jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'une mince pellicule de bois sur la mine. Mettre la mine à nu à l'une des deux extrémités des crayons et y attacher les fils d'un voltmètre. Démonter un balai et tenir les crayons dans le porte-balais, de façon que les pointes portent sur le collecteur, le côté plat d'un crayon portant sur côté avant du porte-balais, le côté plat de l'autre crayon sur le bord arrière. Cet essai montrera la tension existante dans le balai, généralement dénommée tension de commutation. Cette opération sera répétée sur un porte-balais dans chaque ligne de balais et les porte-balais disposés de façon que la tension mesurée soit la même, au signe près, suivant la polarité des balais.

Epaisseur des balais et son influence sur la commutation. — L'épaisseur des balais joue un grand rôle dans la commutation. Dans une machine à courant continu, le sens du courant dans une bobine doit être inversé lorsque les lames du collecteur reliées à cette bobine passent sous les balais ou, en d'autres termes, lorsque la bobine est court-circuitée par les balais.

Dans une machine parfaitement étudiée, la bobine en commutation se trouve dans un champ d'une intensité juste suffisante pour annuler le courant dans la bobine et la porter à sa pleine valeur dans le sens opposé. Si le courant n'est pas inversé et porté à sa pleine intensité, la bobine est dite hypocommutée, tandis que, si le courant inverse atteint une très grande valeur, elle est dite hypercommutée. Dans les deux cas il y a production d'étincelles qui peuvent même devenir dangereuses dans le cas de l'hypercommutation. Le meilleur moyen de savoir si la pertubation est due à une hyper ou à une hypocommutation est de mesurer la tension sur le collecteur à travers le porte-balais par la méthode des crayons décrite plus haut. La tension est d'abord mesurée lorsque la machine fonctionne à une charge à laquelle la production d'étincelles est minimum ; la charge est ensuite élevée jusqu'à ce que les étincelles deviennent dangereuses et la tension de commutation mesurée à nouveau. Si la tension a diminué, les balais sont trop étroits, c'est-à-dire la durée de commutation est trop courte.

On remédiera à ce défaut en mettant des balais plus épais ou en déplaçant les balais à chaque variation de la charge. L'hypocommutation cause rarement des étincelles et il y a cent chances contre une pour que, dans l'essai pré-

(1) E.-H. Martindale. *Electrical Review and Western Electrician*, 30 juin 1917, t. LXX, p. 1 101-1 102, 1 500 mots, 2 fig.

Digitized by Google

cédent, la tension de commutation ait augmenté, c'est-à-dire que l'on soit dans le cas d'une hypercommutation.

Moyens de remédier a l'hypercommutation. — Il existe trois méthodes :

a) Tailler l'extrémité des balais reposant sur le collecteur, ou les remplacer par des balais plus minces.

b) Employer des balais ayant une plus grande chute de tension au contact.

c) Etendre la zone neutre de la machine en chanfreinant les bords des pièces polaires.

La première méthode est très employée ; la deuxième se recommande surtout lorsque la tendance à l'hypercommutation n'est pas trop grande ; la troisième méthode peut légèrement augmenter la vitesse d'un moteur ou diminuer la tension d'une génératrice, mais constitue un remède permanent. — P. G.

Relais pour lignes à haute tension

Dans ces dernières années, les progrès de la technique en matière de relais protecteurs pour lignes à haute tension ont abouti à l'adoption de certaines dispositions spécifiques basées sur différents principes et exigeant chacune des types de relais différents. On passera ici en revue les meilleurs de ces systèmes, en indiquant leurs domaines d'application, sans entrer dans les détails de construction et de fonctionnement des relais eux-mêmes (1).

Nous donnerons d'abord les définitions suivantes :

Feeders radiaux ou feeders indépendants. — Lignes transmettant l'énergie d'une usine génératrice à une sous-station ou à l'installation d'un abonné.

Les *feeders radiaux* fonctionnent (ou ne fonctionnent pas) *en parallèle* à la sous-station suivant que leurs extrémités à haute tension sont reliées *métalliquement* aux mêmes barres collectrices ou à deux jeux de barres indépendants (qui peuvent alimenter, par l'intermédiaire de transformateurs, le même jeu de barres à basse tension).

Lignes en tandem. — Feeders partant d'une usine génératrice et alimentant deux ou plus de deux sous-stations en série.

Lignes montées en boucle ou feeders en circuit fermé. — Deux ou plus de deux sous-stations sont montées en série avec les deux sous-stations d'extrémité, reliées chacune par un ou plusieurs feeders séparés à l'usine génératrice.

Lignes de connexion (tie lines). — Connexions entre usines génératrices ou entre des sous-stations dont l'ordre de succession n'est pas celui qu'on trouve en suivant la boucle.

Manière de protéger des relais. — On n'assigne plus aux relais le rôle de protéger le matériel contre les surcharges. Le relais ne doit fonctionner qu'en cas de rupture d'isolement et non en cas de surcharge, quoique son réglage soit ordinairement exprimé en tant pour 100 de surcharge par rapport à la capacité normale du circuit.

Feeders radiaux non en parallèle. — Pour les feeders radiaux non montés en parallèle à la sous-station, on emploie avec succès aux États-Unis des relais à maximum à action retardée (retard en proportion inverse de la surcharge). La figure 1 représente un schéma des lignes

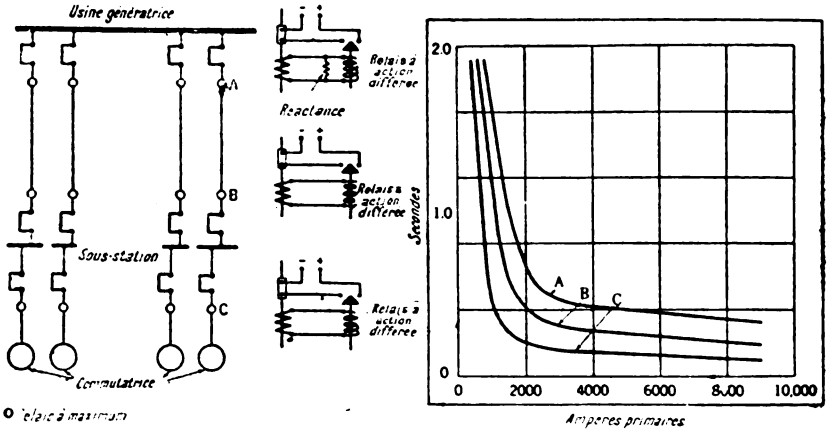


Fig. 1. — Feeders radiaux non en parallèle (les 3 conducteurs représentés par un seul trait).

(chaque ligne étant représentée par un trait unique), les connexions du relais et ses caractéristiques de fonctionnement.

En outre, depuis plus de dix ans, plusieurs grandes Compagnies ont mis en service un système de relais de terres sélectifs pour indiquer une terre sur un feeder. Ces relais sont surtout précieux pour les clients alimentés sous haute tension, en les combinant avec des relais à maximum.

Feeders radiaux en parallèle. — La difficulté de protection est plus grande pour les feeders radiaux fonctionnant en parallèle aux sous-stations. Dans la meilleure pratique, on emploie deux méthodes différentes : *a*) le relais à inversion de puissance en combinaison avec des relais à maximum et *b*) le système équilibré ou Merz-Price. Le système équilibré est caractérisé par ce fait que le courant, quand il a le même sens et la même intensité relative dans des conducteurs en parallèle ou dans différentes portions de la longueur d'un même conducteur, n'exerce aucune action sur le relais même dans le cas d'un violent court-circuit. Le relais n'est influencé que quand les courants sont de grandeur relative différente ou de sens différents en ces points.

a) Les relais à inversion de puissance ont donné, dans

(1) Philip Torchio. *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, mars 1917, t. I. XXXVI, p. 321-335.

Digitized by Google

des cas isolés, des résultats très satisfaisants. Les progrès récents du relais à inversion du type d'induction ont permis d'employer ce modèle plus largement, car ces relais sont faits de manière à exercer leur action sélective même sous une tension égale à 0,5 pour 100 de la normale.

Dans les cas où un certain nombre de feeders sont mis en parallèle à la sous-station, une combinaison du système équilibré et du relais à inversion de puissance, comme celle que montre la figure 2, donne des résultats très satisfaisants.

b) Le *système équilibré*, ayant donné de très bons résultats à l'étranger, a été récemment introduit aux États-Unis

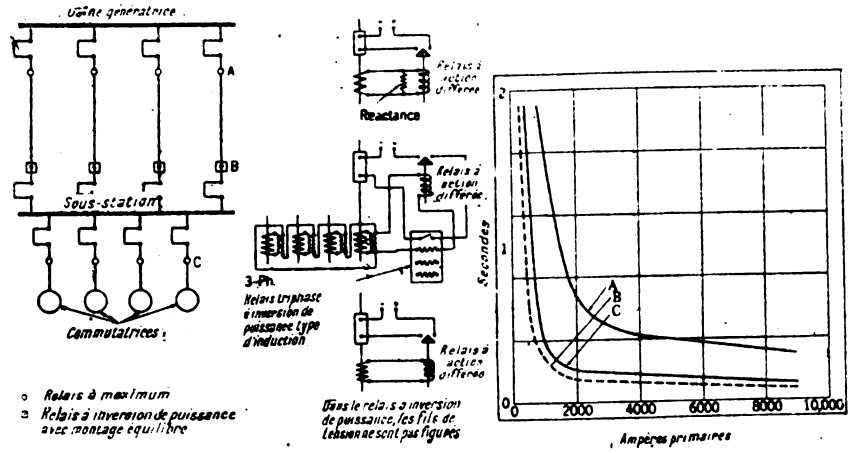


Fig. 2. — Feeders en parallèle (les 3 conducteurs représentés par un seul trait).

par plusieurs grandes Compagnies, comme la Boston Edison Company et la Public Service Electric Company du New-Jersey.

Lignes en tandem. — Pour les lignes simples en tandem, on a fait grand emploi des relais à action différée, à retard fixe ou variable, en réglant ces retards à une valeur d'autant plus grande que les relais sont plus voisins de l'usine génératrice.

Pour deux ou plus de deux lignes en parallèle mises en tandem avec d'autres, des relais à retard variable aux points où la puissance quitte l'usine ou la sous-station et des relais à maximum combinés avec des relais à inversion de puissance au point où la puissance entre dans la sous-station, ont donné de très bons résultats. La figure 3 est le schéma d'un système qui fonctionne avec succès depuis quelque temps.

Quand on installe des lignes qui sont ainsi à la fois

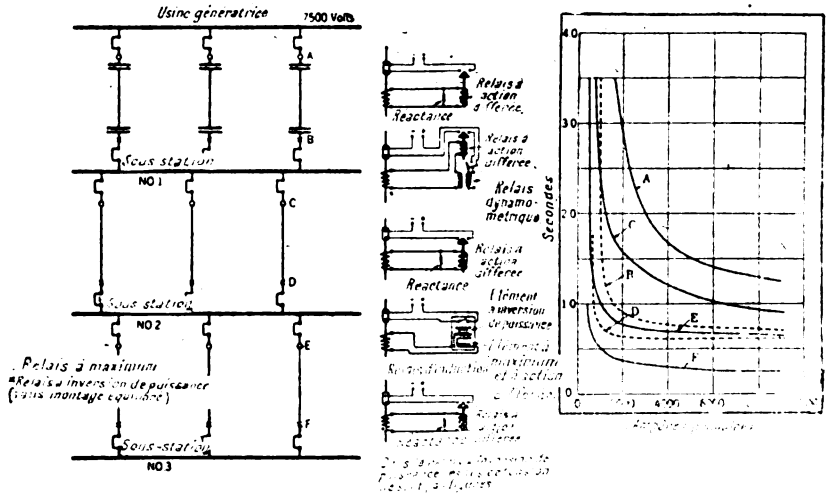


Fig. 3. — Feeders en parallèle et en tandem (les 3 conducteurs représentés par un seul trait).

en parallèle et en série avec d'autres, il a été trouvé avantageux d'analyser avec soin les constantes des circuits et les conditions de court-circuit, pour régler les relais en vue de l'action sélective la meilleure possible. Par exemple, les constantes de chaque circuit de la figure 3, évaluées pour la tension de 7 800 v, sont :

Usine génératrice à sous-station n° I. — Réactance 1,45 ohm, résistance 0,53 ohm par phase.

Sous-station n° I à sous-station n° II. — Réactance 0,33 ohm, résistance 0,31 ohm par phase.

Sous-station n° II à sous-station n° III. — Réactance 4,3 ohms, résistance 3,7 ohms par phase.

Digitized by Google

Les réglages des divers relais sont donnés dans les courbes de la figure 3, et d'après les courants de court-circuit maximum qui peuvent traverser deux relais quelconques en série, il y a un intervalle de temps sélectif de 0,5 seconde, même dans les conditions les plus dures.

Le système équilibré convient bien aussi dans ce cas.

Lignes simples en boucle. — Sur les lignes simples en boucle, on peut employer des relais à maximum à action différée, combinés avec des relais à inversion de puissance, en réglant les premiers à un retard d'autant plus grand qu'ils sont plus près de l'usine génératrice. Le système équilibré pourrait être préférable, particulièrement dans le cas d'installations nouvelles,

Lignes multiples en boucle. — On recommande dans ce cas le schéma de la figure 4, où l'on emploie les relais à action différée sur les feeders de départ à l'usine génératrice et une combinaison équilibrée de relais à inversion de puissance et de relais à action différée aux extrémités réceptrices des feeders d'alimentation.

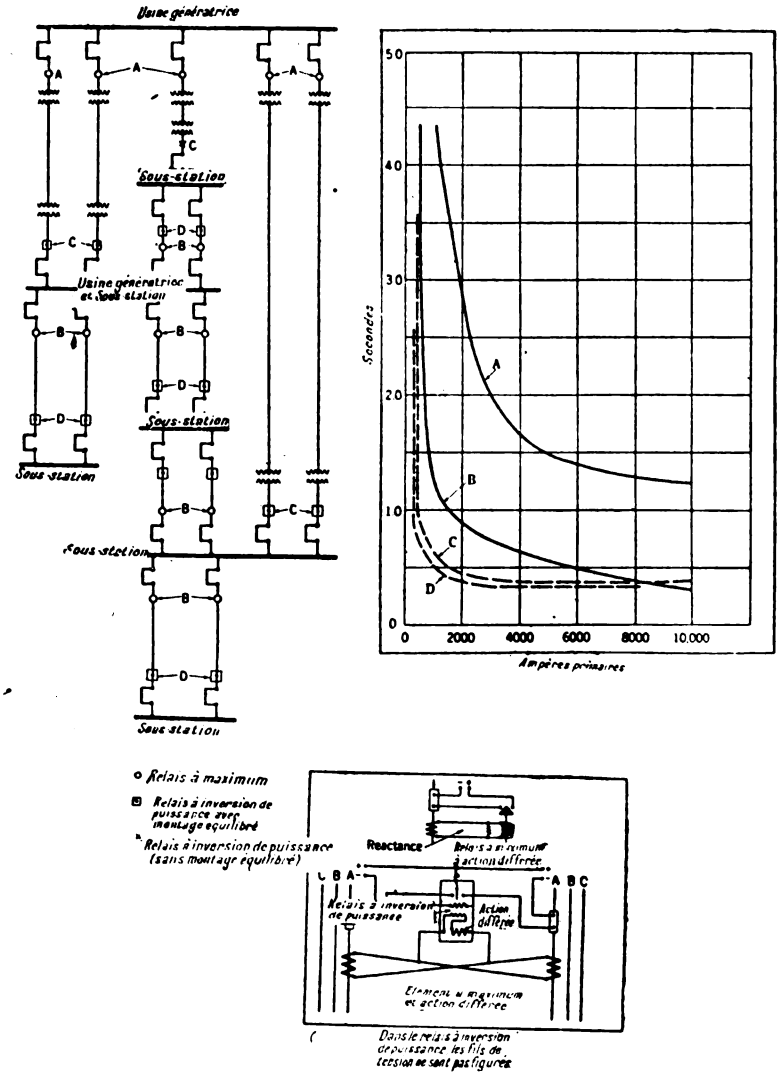


Fig. 4. — Feeders en parallèle : réseau en boucle (les 3 conducteurs représentés par un seul trait).

Dans le cas représenté, l'alimentation est fournie à plusieurs parties du réseau, qui sont reliées entre elles par l'intermédiaire de plusieurs sous-stations, par des feeders doubles. Ici, on emploie les relais à maximum sur les feeders de départ à chacune des sous-stations réceptrices principales pour écarter la possibilité d'une panne complète du réseau due à un défaut de fonctionnement dans un relais ou en cas de court-circuit dans les barres collectrices.

Lignes de connexion. — Pour les lignes de connexion entre usines génératrices, où la puissance peut circuler dans un sens ou dans l'autre, le système de relais Merz-Price ou équilibré est probablement le plus avantageux. L'équilibrage peut se faire sur le principe du conducteur dédoublé par une combinaison interconnectée de relais à inversion de puissance et de relais à action différée, comme celle de la figure 2, ou par un verrouillage mécanique entre

Digitized by Google

les plongeurs des différents relais placés sur les feeders en parallèle.

Protection des alternateurs. — Les alternateurs sont rarement protégés par des relais ; cependant la protection en cas de court-circuit dans leurs enroulements peut s'obtenir au moyen de relais différentiels reliés à des transformateurs d'intensité placés aux deux extrémités de chaque enroulement de phase. On peut aussi se protéger contre ce trouble au moyen de relais à inversion de puissance combinés avec des relais à maximum, les contacts de déclanchement de ces relais étant en série et le réglage étant fait pour que le déclanchement de l'interrupteur s'opère à une forte valeur de l'intensité, quand la puissance circule vers l'alternateur.

Comme, dans la plupart des cas, les accidents d'alternateurs sont déterminés par une terre, une bonne disposition de protection consiste à adopter le principe du relais de terre sélectif comme pour la protection des feeders. Dans ce cas, il faut avoir soin de faire la mise à la terre, soit par une terre placée en dehors du neutre de l'alternateur, soit en mettant à la terre les points neutres d'un ou de plusieurs alternateurs et en faisant passer ces lignes de prise de terre par le transformateur du relais sélectif de mise au sol.

Protection des transformateurs. — Le meilleur mode de protection des transformateurs est reconnu depuis longtemps comme étant l'emploi de relais différentiels reliés à des transformateurs de courant placés sur les côtés à haute et à basse tension du transformateur de puissance.

Relais pour pertes a la terre. — Des relais spéciaux pour pertes à la terre sont considérés comme très importants pour les feeders à très haute tension. Les figures 5 et 6 représentent le système employé par la New-York Edison Company, où les feeders à haute tension sont métal-

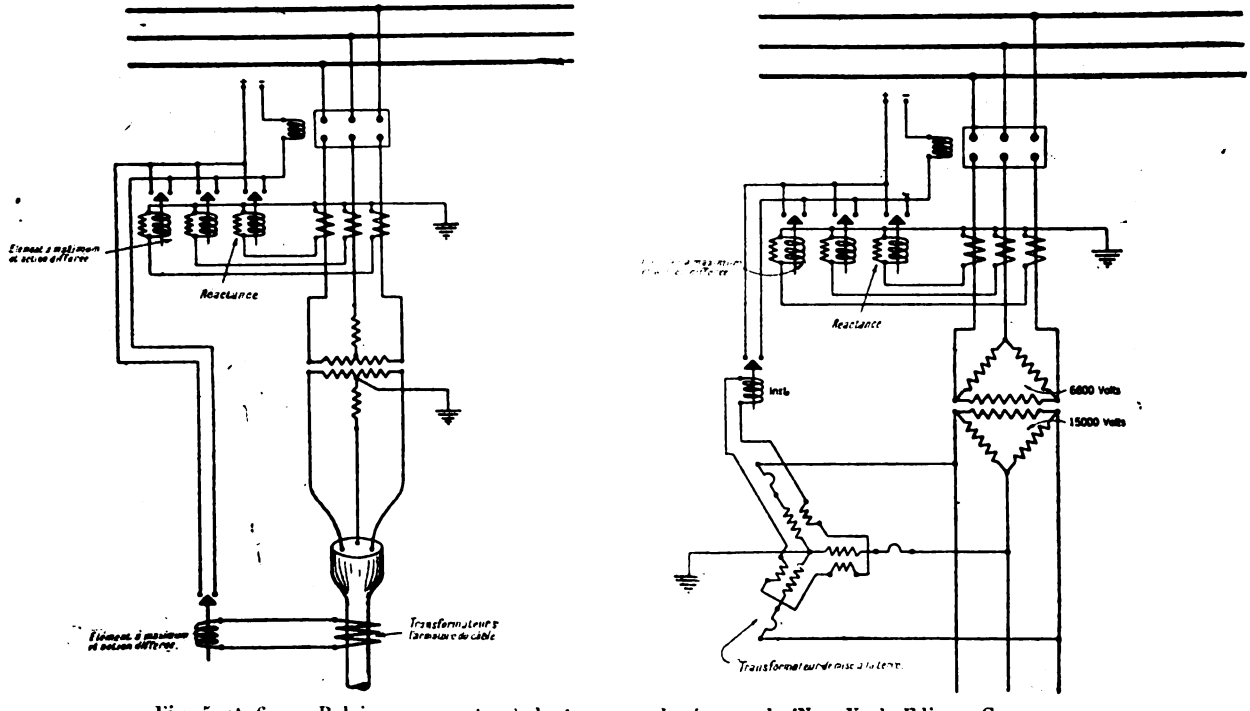


Fig. 5 et 6. — Relais pour pertes à la terre employés par la New-York Edison Company.

liquement isolés à leurs deux extrémités par des transformateurs.

Quoique l'expérience ne soit pas concluante, il est intéressant de noter que, dans le cas de la figure 5, sur 24,1 km de câbles à 25 000 v, onze claquages se produisirent dans les sept premiers mois de service sans les relais de terres, tandis que cinq claquages de câbles seulement se sont produits l'année dernière avec ces relais. Sur les onze premiers claquages, six se sont produits en service et cinq au cours d'essais effectués après un claquage en service. Les cinq derniers claquages se sont tous produits en service, aucun pendant les essais. On considère que le relais de terres élimine le défaut avant que le court-circuit qui passe à travers l'isolant endommagé ait eu le temps de donner lieu à un courant de grande intensité et par là à de fortes surtensions instantanées et à des efforts mécaniques pouvant affaiblir d'autres points du réseau. P. L.

Les tracteurs électriques dans les services municipaux (1).

La pénurie de chevaux a conduit la ville de Wiesbaden, entre autres, à adopter, pour ses services municipaux, des tracteurs électriques pouvant s'adapter à n'importe quel type de véhicule.

Dans le tracteur de la Hansa Lloyd Werke la batterie est supportée par l'essieu avant (charge = 2 730 kg) ; la charge de l'essieu arrière est 960 kg ; les roues ont un diamètre de 1 870 mm, et la longueur est 3 900 mm. Un moteur de 5 ch engrène chacune des 2 roues d'avant en caoutchouc plein (950 × 140) ; rapport d'engrenage 13 : 151. La batterie se compose de 40 éléments de 500 A-h et pèse 1 600 kg ; la dis-

(1) Berlit. *Zeits. Vereines Deutsch. Ing.*, 28 avril 1917. *Science Abstracts*, Section B. 30 août 1917, p. 289-292.

Digitized by Google

tance que l'on peut parcourir sans la recharger varie de 35 à 60 km selon la charge à transporter et l'état de la route. Le combinateur a 5 plots de marche avant et 2 de marche arrière, ainsi qu'une position de freinage. On a 3 vitesses ; on peut aller jusqu'à 15 km : h à vide. L'essieu arrière du tracteur peut être levé de façon qu'après avoir couplé rigidement le tracteur les roues arrière se trouvent au-dessus du sol. Dans certains cas, le conducteur peut commander des freins montés sur les roues de la remorque, mais il est d'usage d'avoir un garde-frein sur cette dernière. Le poids adhérent n'est seulement que de 2 730 kg et l'engrenage à simple réduction donne une vitesse trop élevée pour un service courant avec de lourdes charges en pays de côtes.

Le cheval électrique de Hentschel et Cie consiste en un tracteur à 1 essieu, contenant tout l'équipement électrique ainsi que le volant de direction et qui peut être accouplé rigidement à un camion ou tombereau quelconque à 1 essieu ; la batterie est portée par la remorque ; le poids adhérent du tracteur n'est que de 1 800 kg ; il ne peut donc être attelé qu'à des remorques peu chargées et ne peut rouler qu'en terrain peu accidenté. Pour étendre ces limites on peut placer, entre le « cheval électrique » et la remorque, un truck à un essieu portant la batterie avec un moteur à chaque roue. L'essieu avant porte 1 800 kg, l'essieu du truck 2 360 kg, et on a pour l'ensemble (tracteur, truck et remorque) un poids adhérent de 5 000-5 500 kg. Les 4 moteurs sont de 4 ch chacun à double réduction (13 : 41 et 14 : 101). On a 3 vitesses en charge : 4-5,5, 6-8 et 7,5-11 km : h. L'ensemble du véhicule peut s'inscrire dans un cercle de 4 à 5 m de rayon.

Le tracteur de la Hansa Lloyd, suivi de 2 remorques légères (poids total du train = 9,350 t) prend 300 A lorsqu'il grimpe une côte de 7 pour 100 sur macadam par temps sec ; l'effort de traction égale environ 365 kg. La remorque Hentschel marchant à faible vitesse sur une côte de 8 pour 100 avec une charge totale de 10,150 t, absorbe seulement 170 A. Des essais d'un tracteur Hentschel menant une remorque à 2 essieux chargée de 2,800 t et de 5 t ont donné les consommations suivantes par beau temps : sur asphalte, 630 et 680 ; sur pavé 850 et 950 w-h : km. Sur asphalte, 69 et 60 ; sur pavé, 94 et 84 w-h par t-km. L'expérience a montré que la vitesse maxima de 15 km : h peut rarement être utilisée et seulement sur des routes suburbaines en ligne droite. Pour un service de ville avec lourdes charges, une vitesse de 8 à 11 km : h est bien suffisante ; c'est deux fois la vitesse moyenne de la traction animale. C'est une erreur de désirer une trop grande vitesse ; cela nécessite des batteries et des moteurs plus grands et plus lourds, un renforcement de toutes les pièces et un surcroît de consommation. Le meilleur moyen d'utiliser les grandes puissances consiste à augmenter l'effort de traction à la barre d'attelage de façon à obtenir une meilleure vitesse en rampes ; cela fera gagner beaucoup plus de temps que de faire plus de 12 km : h en terrain plat.

L'auteur suggère que les combinateurs doivent être encore perfectionnés, surtout au point de vue du soufflage des arcs. Pour les véhicules légers avec petites batteries, 40 éléments (80 v) sont suffisants ; le poids, le prix et les dépenses d'exploitation augmentent avec le nombre d'éléments. Les moteurs devraient être capables de supporter une surcharge de 50 pour 100 pendant de longues périodes. Dans des endroits plats 2 moteurs de 4 à 5 ch suffisent, mais pour un service en pays accidenté il faut 4 moteurs de cette puissance. Contre l'argument que deux gros moteurs sont meilleur marché et travaillent moins brutalement que quatre, on peut dire que 2 moteurs de 5 ch suffisent pour la plupart des véhicules, tandis que pour les lourds véhicules un entraînement à 4 moteurs utilise le poids adhérent tout entier. L'emploi d'un moteur à grande vitesse et à double réduction est recommandé. La lourde charge de l'essieu avant du véhicule de la Hansa Lloyd n'introduit pas les difficultés pressenties ci-dessus.

L'article se termine par des considérations financières.

P. V.

Notes pratiques

Dispositif de connexion rapide pour essais en cours de fonctionnement (1).

On désire quelquefois faire des mesures de puissance ou d'intensité en cours de fonctionnement d'un appareil. La figure représente une méthode pour intercaler un wattmètre ou un watt-heure-mètre dans le circuit dans le temps minimum. Des conducteurs sont soudés, d'un côté, aux extrémités d'un plomb sauté et de l'autre, aboutissent à un fusible et à un interrupteur unipolaire montés en série sur un panneau portatif. La bobine d'intensité du wattmètre shunte l'interrupteur. Quand on se dispose à faire une mesure, on coupe l'alimentation de l'appareil, du moteur par exemple, on remplace le fusible par le panneau, on referme et le moteur démarre à nouveau. Une des extrémités de la bobine de tension du wattmètre est connectée à l'extrémité de la bobine d'intensité, et l'autre au pôle opposé de la ligne. Si on ouvre l'interrupteur unipolaire du panneau portatif, la bobine série du wattmètre se trouve être en circuit. D'ailleurs, l'interrupteur unipolaire peut être refermé et le wattmètre remplacé par un autre de sensibilité différente si on le désire. De plus, pour s'assurer la même protection qu'en marche normale, le fusible du circuit de distribution qu'on a enlevé au début peut être inséré dans les mâchoires du panneau portatif.

P. V.

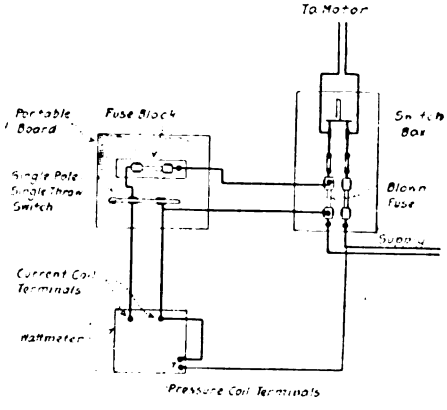


Fig. 1. — Fuse Block, fusible ; Portable Board, tableau portatif ; Single Pole Single Throw Switch, interrupteur monopolaire à une direction ; Currrent Coil Terminals, extrémités de la bobine série ; Pressure Coil Terminals, extrémités de la bobine dérivation ; Blown Fuse, fusible enlevé ; To Motor, au moteur ; Supply, alimentation.

(1) *Electrical World*, 23 juin 1917, t. LXIX, p. 1211, 1 fig.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

A propos de « Houille blanche, une solution ouvrière »

Les problèmes économiques de l'après-guerre préoccupent non seulement les milieux patronaux, mais aussi certains milieux ouvriers. Il importe que les solutions proposées par les uns soient connues des autres. C'est dans cet esprit qu'a été écrit l'article ci-dessous.

La revue périodique « Le Fait de la semaine » a consacré son numéro du 8 décembre à une étude signée de Léon JOUHAUX, secrétaire de la Confédération générale du travail et Henry PRETÉ, secrétaire du Comité d'action des organisations ouvrières, sous le titre « La houille blanche, une solution ouvrière » (1).

Les chapitres intitulés, historique, richesse hydro-électrique française, utilisation de la houille blanche sur place, utilisation à distance de la houille blanche, la houille blanche et la houille noire, sont destinés à vulgariser une documentation bien connue des lecteurs de la « R. G. E. ». On pourrait peut-être contester certains détails, une tendance parfois excessive à l'optimisme, mais ce sont choses secondaires.

Suit un chapitre sur la législation des cours d'eau et les droits de l'État où les auteurs insistent sur les conséquences néfastes de la loi de 1898, qui a fait don aux riverains du lit des rivières non navigables, et affirment que la puissance contenue dans la chute appartient à la nation.

La discussion de ces exposés pourrait être intéressante, mais demanderait des développements beaucoup trop longs. Ce qui est infiniment plus important, c'est de souligner que les auteurs n'ont nullement cherché la vaine gloriole d'un étalage de documentation. Leur pensée a une bien autre portée.

Elle est exprimée dans deux documents que l'on ne saurait lire trop attentivement et méditer avec trop de soin: un discours prononcé par M. Jouhaux en 1917, à l'Assemblée générale du Syndicat des industries électriques, reproduit en appendice, et l'avant-propos de la brochure.

Il faut citer tout d'abord quelques passages du discours.

« C'est maintenant que se pose notre revendication principale qui doit dominer toutes les autres, celle qui constitue la pierre d'assise de notre activité de demain, condition de notre développement vers le bien-être, la conquête, pour le travail, du droit de *discuter à égalité de puissance*, pour déterminer les conditions de salaires fixes et les formes du labeur auxquelles seront soumis les travailleurs.

» L'heure a sonné pour que dans ce pays, la vieille situation antagoniste et contradictoire *de l'égalité politique et de l'infériorité économique des travailleurs fasse place à un ordre nouveau.*

» Il convient non seulement que nous protestions contre la situation qui nous est faite, mais il faut aussi et surtout que *nous connaissions les problèmes qui se posent* et que *nous apportions des solutions réalisables.* »

Voilà bien nettement défini l'objet de la partie technique et documentaire de la brochure.

« Franchement, si nous n'avions pas le courage d'affronter ces redoutables problèmes, autant faut-il cesser de parler d'émancipation sociale et que notre lutte se borne alors à de *simples questions d'heures de travail et de salaires.* »

C'est donc tout le problème de l'organisation sociale de demain qui est posé et sous quelle forme? nécessité pour le travail d'aborder l'étude générale des questions industrielles et, comme conséquence, revendication du droit de participer à la gestion.

Très beau programme, qui, s'il peut être résolu, mettrait fin aux luttes de classes et tendrait à organiser une collaboration harmonieuse du capital et du travail, et M. Jouhaux est sincère quand il écrit : « Faites appel à la classe ouvrière, adressez-vous à sa conscience. Cela ne sera pas en vain ».

On est loin des timides palliatifs qui s'appellent code du travail, retraites ouvrières, participation aux bénéfices, actions de travail. Tous partent de ce principe qu'il existe un fossé entre le travail et le capital; tous cherchent simplement à améliorer la situation matérielle des travailleurs qui sont d'un côté du fossé (leur situation morale, nul ne paraît y songer). C'est cette conception de classes séparées que M. Jouhaux cherche à détruire; son but est d'étudier comment la subordination du travail au capital peut être remplacée par une association des travailleurs et des dirigeants.

C'est pourquoi il termine son avant-propos par la déclaration :

(1) Une brochure 17 × 11 cm, 96 pages, Librairie Grasset, 61, rue des Saints-Pères, Paris. Prix : 0,75 fr.

Digitized by Google

« Notre but, nos moyens sont concrétisés dans cette formule : « la réorganisation économique ne pourra « produire tous ses effets utiles, que si la nation reprend, « maintient ou établit son droit social sur la propriété « des richesses collectives et des moyens de les pro- « duire ou de les échanger, et si *elle en confie de plus* « *en plus* la gestion autonome mais contrôlée aux dépar- « tements, communes, coopératives et surtout *à des* « *organes collectifs nouveaux* dotés de la personnalité « civile et administrés par des représentants qualifiés « des producteurs et des consommateurs. »

Il ne faut pas perdre de vue qu'il ne s'agit pas ici d'une organisation générale de toute l'industrie, mais de l'application des principes nouveaux aux industries où l'État, la nation possède la propriété du fonds même, dans l'espèce, des chutes d'eau. Autrement, ce serait le vieux collectivisme, l'étatisme auquel M. Jouhaux ne croit certainement plus, tout au moins sous la forme qu'il a revêtue jusqu'ici.

Voici ce qu'il en pense en réalité.

« Lorsqu'on fait la critique des industries d'État, il faut le répéter, ce n'est pas le principe même qui est mis en cause : il ne peut l'être. La forme commune d'exploitation de l'État : le fonctionnarisme avec ses principes d'irresponsabilité, d'avancement par règles immuables appliquées sans considérations eu égard aux capacités ; l'exploitation conçue non pour obtenir un rendement rationnel, mais pour servir de complément financier à un budget obéré, et cela à l'abri d'un monopole qui garantit la bureaucratie contre la concurrence, ne peut conduire qu'à un résultat déplorable. Dans ces conditions, l'intelligence n'a pas de place où s'exercer ; les initiatives sont proscrites, la routine néfaste fait son œuvre et rançonne le consommateur. *Les ouvriers se constituent en caste*, uniquement soucieuse de ses intérêts particuliers, ignorante de l'intérêt général. La routine, les intérêts corporatifs, le fonctionnarisme forment le cycle où évolue l'industrie d'État et la fait se dresser contre l'intérêt général. Au lieu de constituer un régulateur et de fournir l'exemple propre à stimuler les initiatives privées, l'entreprise d'État se trouve ainsi être un obstacle au développement du progrès social. C'est l'œuvre lamentable de la *bureaucratie*. »

Le tableau est parfait et M. Jouhaux n'a pas tout à fait tort quand il étend ses critiques au rendement de certaines grandes industries privées devenues de véritables administrations « où la routine et l'incapacité règnent lamentablement ».

Le seul reproche que l'on puisse lui adresser, c'est que cherchant un remède à ce mal, il n'ait pas auparavant mis en lumière la cause initiale et fondamentale de ces défauts. La solution qu'il propose porte la trace évidente de cette lacune dans un raisonnement logiquement déduit.

La discussion du principe que la puissance contenue dans les chutes d'eau n'a pu faire l'objet d'une appropriation privée et constitue essentiellement une richesse nationale, ne sera pas pour l'instant ouverte. Que l'on suppose donc le principe admis. C'est le meilleur moyen de discuter la solution proposée en elle-même sur le terrain où l'a placée le représentant des travailleurs.

Voici la solution :

« Confier la gestion de la propriété nationale aux intéressés eux-mêmes : producteurs et consommateurs. Et pour cela, constituer des organismes dotés de la capacité civile et jouissant de la plus large autonomie technique et financière.

» Les producteurs sont les ingénieurs, les employés qui apportent leur science et leur travail intellectuel, ce sont les ouvriers qui apportent leur expérience et leur travail manuel. Les consommateurs ici, ce sont les communes éclairées, les industries utilisant la force motrice.

» Et comme nous voulons mettre à *l'abri des appétits capitalistes* la richesse nationale, il la faut mettre aussi à *l'abri des appétits individuels*. Il la faut placer non seulement sous le contrôle de l'État, mais sous le contrôle plus direct, plus compétent, des intérêts généraux intéressés, en confiant aux organismes, qui sont l'expression de ces intérêts, le soin de désigner eux-mêmes leurs représentants au sein du conseil d'administration. Ce sont pour les ingénieurs : leurs associations ; pour les employés, les ouvriers : leurs organisations syndicales. Ce sont pour les communes, les départements : leurs conseils élus ; pour les industries : les chambres de commerce, etc.

» Ainsi associées et équilibrées, les forces de travail et de consommation pourront assurer la production avec les meilleures conditions pour les producteurs, au meilleur marché pour les consommateurs, au grand bénéfice de l'intérêt général de la nation.

» Dans cette formule, les méthodes d'exploitation comprises sont les plus modernes ; la responsabilité incombe aux techniciens ; le *travail a sa part de gestion*. Les modifications d'outillage, les réformes des méthodes de travail résultant de la pratique, viennent s'ajouter et compléter les découvertes de la science. Déterminés avec le concours des travailleurs organisés dans leurs syndicats, les règlements sont observés, les modifications appliquées. Cette organisation industrielle moderne, résultant de la collaboration de toutes les compétences et de toutes les forces de la création doit engendrer un maximum de rendement avec un minimum d'efforts et un prix de revient moindre. »

A la lecture de cette longue citation, une réflexion vient tout de suite à l'esprit. Qui fera équilibre au désir des ouvriers d'avoir de hauts salaires avec le minimum d'efforts, au désir des consommateurs de payer le plus bas prix possible, fût-il ruineux pour l'entreprise, de demander des extensions quand même elles ne payeraient pas ? Rien, ni personne.

A la bureaucratie routinière, mais en général dévouée à la défense des intérêts de la collectivité, on substitue quoi ? Des délégués ouvriers et des délégués d'assemblées politiques, conseils municipaux et généraux. Le moins qu'on puisse dire de ces derniers, c'est qu'ils ne valent pas mieux que les bureaucrates, d'autant plus que les élus ne pourront pas être partout et devront se

Digitized by Google

faire représenter... par des fonctionnaires; la même nécessité s'imposera aux Chambres de commerce dont les membres ne peuvent faire face à des charges écrasantes.

Ouvriers et fonctionnaires, voilà ce que serait le conseil d'administration. Ce n'est pas une solution idéale.

L'erreur vient de ce que M. Jouhaux n'a pas encore réussi à se débarrasser de sa crainte des capitalistes qu'il persiste à confondre avec les spéculateurs. Il y a un capital sain acquis par le travail et entre les mains de travailleurs. Celui-là est respectable, utile, et nombreux sont ses détenteurs qui prêtent une oreille attentive à ce que disent les représentants des associations ouvrières et souhaitent ardemment qu'on leur indique une solution au terrible problème social qu'il faudra envisager et résoudre ou périr. M. Jouhaux veut la participation du travail à la gestion; c'est une solution hardie qui effraye les timides. Mais son succès aurait une telle importance qu'il vaut de l'essayer.

Mais dans l'intérêt même des défenseurs de cette thèse, il faut un essai débarrassé de toutes les idées qui ont servi de tremplin à la lutte de classes, un essai où le travail et le capital agissent comme associés, au lieu de se considérer en ennemis.

Les détenteurs du capital ont pu commettre des fautes; en les écartant, les représentants du travail commettraient à leur tour une faute non moins lourde, sans compter qu'ils donneraient une apparence de raison à la thèse, qui consiste à dire que la participation du travail à la gestion est incompatible avec les besoins du capital puisque, pour l'essayer et la recommander dans les usines hydrauliques, les partisans commencent par éliminer le capital.

Sont-ils, d'ailleurs, si sûrs que cela d'éliminer le capital?

Sur ce point, l'auteur est très bref; les travaux seront faits par l'État par voie d'adjudication. Mais où l'État prendra-t-il l'argent pour payer ces travaux? Ce ne sera pas sur les ressources d'un budget dont M. Jouhaux a signalé lui-même les charges écrasantes. Il lui faudra donc recourir à l'emprunt dans des conditions terriblement difficiles, faire appel aux capitalistes qui seront tentés de ne prêter l'argent qu'à des conditions onéreuses et tireront ainsi *sans risques* tous les bénéfices de l'entreprise.

Ne vaut-il pas mieux qu'ils aient ces risques, stimulateurs du progrès et interviennent directement par voie de concessions. Leurs représentants dans le conseil d'administration feront contrepoids aux désirs des ouvriers et des consommateurs. Le capital et le travail collaboreraient et les consommateurs seraient des arbitres désintéressés en cas de conflit.

Quant à la représentation de ces derniers, il faudrait trouver une formule qui n'aboutisse pas à l'introduction d'hommes politiques et de fonctionnaires. Elle ne doit pas être introuvable.

M. Jouhaux, en un mot, revendique la participation du travail à la gestion. Soit, l'expérience vaut d'être tentée; mais le sacrifice des vieilles idées de lutte doit être bilatéral. Pour que le patronat renonce à sa méfiance, il faut de son côté que les travailleurs renoncent à leurs attaques contre le capital.

R. Legouez,
Membre de la Chambre de Commerce de Paris.

Assemblées générales

Tréfileries et Laminoirs du Havre.

Assemblée générale ordinaire du 30 novembre 1917.

Durant l'exercice 1916-1917 la Société a continué à consacrer à la Défense nationale la totalité de ses moyens industriels et financiers.

Le nouveau programme de fabrications demandé par le ministère de l'Armement a nécessité de nouveaux aménagements et extensions.

Au Havre, deux groupes turbo-générateurs d'une puissance individuelle de 2000 kw ont été installés et l'abonnement à la Société havraise d'énergie électrique a été porté à la puissance de 1600 kw. Les isntallations pour la fabrication des douilles et des obus de 75 et de 155 ont été achevées et la construction d'une aciérie Martin a été entreprise; les deux fours Martin seront mis en marche au début de janvier et le laminoir à barres dans le courant de mars.

A Rugles, l'augmentation de la force motrice a été poursuivie.

A Dijon, une fonderie de laiton a été installée; il y a été produit plus de 6000 tonnes de barres pour les autres usines.

A Saint-Maurice, l'importance et la variété des fabrications de câbles ont été sans précédent.

L'usine créée à Bordeaux en association avec la Compagnie générale d'Electricité, sous le nom de « Manufacture générale de Munitions », sera, sur la demande du ministère de l'Armement, doublée; les travaux poussés activement permettent dès maintenant de fabriquer annuellement 70000 tonnes de produits divers en laiton de guerre.

L'achèvement de ce programme nécessitera une immobilisation de 30 millions de francs sans compter le stock de marchandises et de produits en cours de fabrication.

La Compagnie a prêté son concours à plusieurs groupes : « Le Matériel roulant » qui doit construire des wagons; « La Participation d'artillerie lourde » fabriquant des pièces détachées pour les gros canons; et « L'Alluminio Italiano » qui doit fournir l'aluminium au gouvernement italien.

Elle a pris part à l'augmentation du capital de la Société Electro-Métallurgique française de Froges et a augmenté ses intérêts dans la Société des Applications industrielles.

La Société italienne « Trafilerie e laminatoi di metalli » a étendu ses fabrications en 1916; elle a distribué 8 pour 100 de dividende, taux maximum admis en Italie pendant la guerre.

Pour faire face à toutes ces opérations, la Société a porté d'abord son capital de 25 à 30 millions de francs et émis 15 millions de bons de cinq à dix ans à 6 pour 100 de

Digitized by Google

revenu; puis, après l'assemblée extraordinaire du 6 février dernier, le capital a été élevé à 45 millions (*R. G. E.*, 1917, t. 1, p. 357).

Les bénéfices pour l'exercice 1916-1917 se montent à 10 770 750,89 fr contre 8 146 864,70 fr en 1915-1916, soit une augmentation de 2 623 886,19 fr.

Sur cette somme, 1 868 530,89 fr sera porté au compte amortissement, 5 pour 100 sur le surplus sera versé à la réserve légale; 5 pour 100 pour le premier dividende; 620 710,90 fr pour le tantième statutaire, 10 pour 100 pour le second dividende. Il reste ainsi de disponible 1 086 398,10 fr dont 1 550 000 fr porté à la réserve extraordinaire et le reste, 1 643 838,14 fr, constituera le report à nouveau. Le dividende est fixé à 15 fr par action et payable contre remise du coupon n° 17.

Bilan au 30 juin 1917.

Actif.

		fr
Usine du Havre : Terrains, bâtiments et matériel	29 679 501,25	
Usine de Rugles : Terrains, bâtiments et matériel	2 327 187,16	
Usines de Saint-Maurice et de Dijon (C. E.) : Terrains, bâtiments et matériel	5 021 781,87	
Usines de Charleval, La Praz, Paris (A. L.) : Terrains, bâtiments et matériel	629 750,91	
Amortissements	17 186 011,50	
Différence		20 472 209,69
Matériel, études, prime de remboursement des obligations et des bons		1 120 461 »
Caisses		358 300,47
Banquiers		15 291 003,70
Titres en portefeuille		21 741 675,10
Clients et débiteurs divers		169 243 881,53
Effets à recevoir		1 019 448,11
Cautionnements		598 490,56
Opérations de crédit garanties		11 720 000 »
Cuivres en magasin et en cours de route : 2 000 tonnes, stock réglementaire, comptées au prix fixe de 50 £ la tonne anglaise		2 480 000 »
Existence en excédent pour l'exécution des commandes en cours		45 094 892,20
Métaux divers, marchandises générales, approvisionnements, combustibles		15 952 846,78
		305 093 209,14

Passif.

	fr
Capital	45 000 000 »
Réserve légale	2 500 000 »
Réserve extraordinaire	4 450 000 »
Obligations amorties (réserve)	3 402 250 »
A reporter...	55 352 250 »
Report...	55 352 250 »
Provision pour fluctuation des cours des métaux en dehors des 2 000 tonnes de cuivre comptées à 50 £	3 000 000 »
Obligations et bons restant à rembourser (valeur nominale)	22 311 000 »
Coupons d'actions, d'obligations et de bons échus et obligations amorties exigibles	2 337 645,25
Effets et warrants à payer	35 431 581,38
Fournisseurs et divers	162 062 541,58
Opérations de crédit garanties	11 720 000 »
Reliquat de l'exercice précédent	2 107 440,04
Exercice 1916-1917, déduction faite de la provision pour contribution sur bénéfices de guerre jusqu'au 30 juin 1917	10 770 750,89
	305 093 209,14

Banque Française pour le commerce et l'industrie.

Les actionnaires, réunis le 21 décembre sous la présidence de M. R. Boudon, ont approuvé les comptes du dernier exercice et fixé le dividende à 5 pour 100, soit 12,50 fr brut par action, payable à partir du 28 décembre.

Le rapport du Conseil fait ressortir l'activité manifestée par la Banque qui a prêté son concours à la plupart des opérations importantes réalisées sur la place : crédits, émissions d'actions, de bons, d'obligations, opérations se rapportant, pour la majeure partie, aux affaires touchant l'armement et le ravitaillement du pays. La Banque a coopéré également aux opérations dues à l'initiative du gouvernement français : emprunt 5 pour 100 1916, bons et obligations de la Défense, crédits ouverts à l'étranger pour l'amélioration du change.

Par ailleurs, la situation de trésorerie se confirme de plus en plus large; c'est ainsi que les comptes de dépôt sont en augmentation de 12 500 000 fr, alors que l'ensemble des disponibilités présente une plus-value notablement supérieure à ce chiffre.

Les anciens reports sont réduits de 3 359 721 fr et les avances sur garanties de 5 068 658 fr, malgré l'inscription de nouveaux comptes à ce chapitre. Par contre, les participations et les acceptations sont en augmentation sensible en raison d'opérations réalisées en cours d'exercice.

Les bénéfices nets, après amortissements, ressortent à 4 157 437 fr contre 3 856 152 fr l'année précédente. Le dividende absorbant 3 000 000 fr, les réserves et le report à nouveau sont dotés de 1 157 437 fr.

M. de Gheest, vice-président, démissionnaire pour raisons de santé, a été nommé, par le Conseil, vice-président honoraire.

Les mandats de MM. J. de Gunzburg, administrateur, et R. de Lauris, censeur, et ceux de MM. A. Bergaud et E. Frachon, commissaires, ont été renouvelés.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, réglementation

La revision de la législation des établissements dangereux, insalubres et incommodes (1).

Le décret de 1810 ne reconnaissait pour les établissements industriels qu'une seule cause d insalubrité ou d'incommodité : l'odeur, et ne se préoccupait pas de la commodité des ouvriers employés dans les ateliers dangereux ou insalubres, mais uniquement de celles des personnes habitant dans le voisinage de ces ateliers.

Des décrets plus récents ont été pris pour assurer la protection de l'hygiène ouvrière et pour soumettre à l'obligation d'une autorisation des industries qui présentaient d autres causes d'insalubrité que l'odeur, telles que l'altération des eaux, le danger d'incendie ou d'explosion, le bruit, l'ébranlement, la poussière.

Mais toutes ces mesures étaient insuffisantes pour atténuer les inconvénients de la législation actuelle qu'elles ne touchaient pas dans ses dispositions essentielles. Le projet de loi que nous examinons ci-dessous et qui a été adopté par la Commission de l'hygiène publique remédie à cet état de choses.

Titre premier. — Dispositions générales. — *L'article premier* de la proposition de loi soumet à la surveillance de l'autorité administrative les manufactures, ateliers, usines, magasins, chantiers et tous établissements industriels ou commerciaux qui présentent des causes de danger ou des inconvénients soit pour la sécurité, la salubrité ou la commodité du voisinage, soit pour la santé publique, soit encore pour l'agriculture.

L'article 2 divise ces établissements en trois classes suivant les dispositions du décret-loi de 1910.

L'article 3 place dans la première classe les établissements qui doivent être éloignés des habitations, dans la deuxième classe les établissements dont l'éloignement des habitations n'est pas rigoureusement nécessaire, mais qui peuvent présenter des causes de danger ou des inconvénients, soit pour la sécurité, la salubrité ou la commodité du voisinage s'ils ne sont pas soumis à des mesures destinées à prévenir ces dangers ou ces inconvénients et enfin dans la troisième classe, les établissements qui, ne présentant d'inconvénient grave, ni pour le voisinage, ni pour la santé publique, sont soumis aux prescriptions générales édictées pour tous les établissements similaires.

L'article 4 substitue, pour la troisième classe, le régime de la déclaration à celui de l'autorisation.

L'article 5 déclare qu'un décret rendu en Conseil d'Etat sur la proposition du ministre du Commerce et de l'Industrie, déterminera les industries auxquelles s'appliquera la loi et le classement de chacune d'elles.

Le ministre devra prendre l'avis du Comité consultatif des Arts et Manufactures et celui du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France.

L'article 6 prescrit que les conditions d'application de la loi seront déterminées par un règlement d'administration publique.

Titre ii. — Dispositions applicables aux établissements soumis a l'autorisation. — *Art. 7.* — La demande d'autorisation d'un établissement de première classe doit faire l'objet d'une enquête de commodo et incommodo. L'affichage devra se faire dans toutes les communes situées à une distance maximum de 5 km et sera déterminé, pour chaque industrie, par des règlements d'administration publique portant classement.

Article 8. — Cet article prescrit que l'avis des conseils municipaux des communes intéressées sera demandé, réponse devra être faite dans un délai maximum de un mois.

Art. 9. — Il décide que la demande d'autorisation d'un établissement de deuxième classe sera soumise à une enquête de commodo et incommodo dans la commune où cet établissement doit fonctionner; la durée de cette enquête est de quinze jours.

Art. 10. — Cet article est un des plus importants de la proposition de loi; il apporte toutes les garanties à l'hygiène et à la sécurité publique, en même temps qu'il protège l'industriel contre toute mesure qui pourrait être prise contre lui sans examen approfondi.

Art. 11. — Cet article complète le précédent en spécifiant que les conditions fixées dans l'arrêté préfectoral d'autorisation ne peuvent, en aucun cas, ni à aucune époque, faire obstacle à l'application des dispositions édictées par le livre II du Code du travail et les décrets réglementaires pris en exécution dudit livre, dans l'intérêt de l'hygiène et la sécurité des travailleurs, ni être opposées aux mesures qui pourraient être régulièrement ordonnées dans ce but.

Art. 12 à 13. — Ces deux articles ont trait aux droits des tiers et à la publicité donnée à l'arrêté préfectoral.

Art. 14. — Cet article dispose que les tiers ou les industriels auront un droit de recours au conseil de préfecture contre les arrêtés préfectoraux d'autorisation ou de refus. Ces recours devront être introduits dans un délai de deux mois à partir du jour où les arrêtés auront été publiés ou notifiés.

Art. 15. — Cet article a rapport aux autorisations données à titre exceptionnel pour une durée limitée et renouvelable dans les mêmes conditions de forme et de publication.

Art 16. — Il limite à la durée maximum de deux ans le délai d'ouverture d'un établissement classé autorisé.

Titre iii. — Dispositions applicables aux établissements soumis a la déclaration. — *Art. 17 à 20.* — Ces articles

(1) Rapport fait au nom de la Commission de l'hygiène publique chargée d'examiner la proposition adoptée par le Sénat, tendant à la revision de la législation des établissements dangereux, insalubres et incommodes, par M. Navarre, député. *Journal officiel* du 13 novembre 1917. Documents parlementaires de la Chambre, annexe 3 879, p. 1 435.

Digitized by Google

substituent au profit des établissements de troisième classe la déclaration à l'autorisation et réglementent le nouveau régime.

TITRE IV. — DISPOSITIONS APPLICABLES A TOUS LES ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS CLASSÉS. — *Art. 21.* — Cet article assure l'inspection technique des établissements classés dans tous les départements ; cette inspection sera exercée sous l'autorité du préfet, avec le concours des inspecteurs des établissements classés.

Art. 22. — Cet article indique que les personnes chargées de la surveillance devront, en cas de contravention aux règlements sur le travail des enfants, des filles mineures et des femmes, mettre par écrit les chefs des établissements en demeure de se conformer à ces règlements dans un délai déterminé avant de dresser procès-verbal.

Art. 23. — Les inspecteurs du travail seront seuls chargés de l'application des prescriptions des arrêtés concernant l'hygiène et la sécurité du personnel employé dans les établissements classés.

Art. 24 à 26. — Ces articles disposent que toute modification dans la direction, dans la fabrication, dans l'outillage, etc., devra faire l'objet d'une déclaration devant l'autorité préfectorale.

Art. 27, 28 et 29. — Les établissements créés antérieurement aux règlements d'administration publique qui ont classé les industries dont ils dépendent continueront à être exploités sans autorisation ni déclaration, mais seront soumis à la surveillance, et à l'observation des règlements protégeant le voisinage et la sécurité publique.

Art. 31. — Cet article prévoit la suppression des établissements industriels qui présenteraient pour le voisinage ou la santé publique, des dangers ou des inconvénients graves.

TITRE V. — PÉNALITÉS. — Ce titre envisage les pénalités qui peuvent être appliquées aux chefs d'établissements, directeurs ou gérants, qui auront contrevenu aux dispositions de la loi.

LE TITRE VI règle enfin les dispositions relatives à l'exécution de la loi.

Arrêté modifiant l'article 30 de l'arrêté du 27 octobre 1900, modifié et complété par les arrêtés des 28 février 1903 et 15 janvier 1917 relatif aux frais accessoires.

Le « Journal officiel » du 12 décembre 1917 publie p. 10 083 l'arrêté suivant pris en date du 11 décembre 1917 par le ministre des Travaux publics et des Transports.

ARTICLE PREMIER. — L'article 30 (ancien 31) de l'arrêté ministériel du 27 octobre 1900, modifié et complété par les arrêtés ministériels des 28 février 1903 et 15 janvier 1917, est remplacé par le suivant :

« Art. 30 (ancien 31). — Wagons appartenant à des particuliers. — Les même règles sont applicables au chargement et au déchargement des wagons appartenant à des particuliers. Toutefois, pour les wagons autres que les wagons-réservoirs ou assimilés servant au transport des boissons, les droits de stationnement sont réduits à :

» 5 fr pour la première période de vingt-quatre heures ;

» 10 fr pour la deuxième période de vingt-quatre heures ;

» 15 fr pour chaque période de vingt-quatre heures en sus.

» En outre, les règles ci-après sont applicables aux wagons-réservoirs ou assimilés servant au transport des boissons :

» *a*) Le chômage est assimilé au stationnement pour l'application des droits ci-dessus ;

» *b*) En cas d'immobilisation dans les ateliers pour une réparation dont le chemin de fer n'est pas responsable, les wagons-réservoirs ou assimilés servant au transport des boissons sont soumis à un droit de 1 fr par véhicule et par jour. Ce droit est appliqué à partir du quinzième jour qui suit la demande des pièces de rechange, jusqu'au jour de la réception de toutes les pièces nécessaires à la réparation. »

ART. 2. — L'application de toute clause contraire insérée dans les tarifs est suspendue.

ART. 3. — Est rapporté l'arrêté du 22 novembre 1917.

ART. 4. — Le présent arrêté sera inséré au « Journal officiel » de la République française et notifié aux administrations de chemins de fer d'intérêt général. Il sera en outre affiché pendant cinq jours avant sa mise en vigueur. Les préfets, les fonctionnaires et agents du contrôle sont chargés d'en surveiller l'exécution.

Arrêté prorogeant jusqu'au 1er février 1918 le délai pour la déclaration des biens et intérêts en pays ennemis et occupés.

Le « Journal officiel » du 16 novembre 1917, publie p. 9151 l'arrêté suivant pris en date du 15 novembre 1917, par le ministre des Affaires étrangères.

Arrête :

ARTICLE PREMIER. — Le délai pour la déclaration des biens et intérêts en pays ennemis et occupés est prorogé jusqu'au 1er février 1918.

ART. 2. — Des prorogations individuelles de délai pourront être accordées notamment aux habitants des départements occupés qui en feront la demande à l'Office des biens et intérêts en pays ennemis et occupés en spécifiant qu'ils ne possèdent pas les renseignements nécessaires pour faire actuellement une déclaration sincère concernant leurs biens ou intérêts dans les départements envahis.

ART 3. — Le directeur des affaires administratives et techniques est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Décret suspendant pendant la durée de la guerre, pour la fixation des frais accessoires, les formalités de l'instruction préalable à l'autorisation de prix nouveaux.

Le « Journal officiel » du 9 décembre 1917 publie, p. 9968, un décret pris en date du 7 décembre 1917 suspendant pendant la guerre actuelle et la période de six mois qui suivra la cessation des hostilités les formalités de l'instruction préalable à l'autorisation de prix nouveaux pour la fixation des frais accessoires des voies ferrées d'intérêt général et d'intérêt local.

Voici le texte de ce décret :

ARTICLE PREMIER. — Pendant la guerre actuelle et la période de six mois qui suivra la cessation des hostilités, telle que la date en sera constatée par décret, sont suspendues, pour la fixation des frais accessoires, les formalités de l'instruction préalable à l'autorisation de prix nouveaux.

Toutefois, les nouveaux prix autorisés ne peuvent être mis en application que cinq jours après qu'ils ont été portés à la connaissance du public par voie d'affiche.

ART. 2. — Le décret du 13 janvier 1917 est abrogé.

ART. 3. — Le ministre des Travaux publics et des Transports est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au « Journal officiel » de la République française et inséré au « Bulletin des lois ».

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. TOME III. — N° 2. 12 JANVIER 1918.

Chronique. — Une application nouvelle de l'énergie électrique. — Société internationale des Electriciens. — Rapports et notes de la Mission économique et financière en Russie. — Académie des Sciences, p. 41 et 42.

Section scientifique et technique. — Propagation sur une ligne à circuit ouvert, par E. BRYLINSKI, p. 43. — Revues, analyses et informations : Comité électrotechnique français, p. 59; Instruments de mesure du courant à loi de déviation parabolique, p. 59; Relations internes dans les récepteurs radiotéléphoniques du type audion, p. 60.

Section industrielle. — La distillation de la houille et l'utilisation directe au chauffage du goudron et du brai, par E. PIERNET, p. 61. — La fumisterie dans les stations centrales thermiques, par L. CONGE, p. 65. — Revues, analyses et informations : Le chemin de fer Coire-Arosa, p. 68; Locomotives à accumulateurs pour voies industrielles, p 69; Considérations générales sur les téléphones sur ligne télégraphique et description des appareils Castelli, p. 71; Notes sur l'audion, p. 72; Caractéristiques de petites piles sèches, p. 73. — Notes pratiques : Dispositif pour empêcher les oiseaux de mettre les lignes à la terre, p. 74.

Section économique et financière. — Sur l'influence allemande dans l'industrie électrotechnique suisse; p. 75. — Assemblées générales : Omnium Lyonnais des chemins de fer et tramways, p. 79; Omnium Français d'électricité, p. 80. — Revues, analyses et informations : La convention entre la Suisse et l'Allemagne, p 80.

Une application nouvelle de l'énergie électrique : le démarrage des automobiles. — Chacun sait aujourd'hui que les constructeurs de matériel électrique auront fort à faire après la guerre, ne serait-ce que pour faire face aux installations nouvelles ou pour reconstituer les stocks qui existaient un peu partout. La demande sera telle qu'il y aura de quoi absorber pendant de longues années la capacité totale de production de la plupart des usines.

Mais ce n'est pas tout, il y a lieu d'envisager de nouvelles applications de l'énergie électrique que l'on pouvait à peine soupçonner, il y a quelques années; nous citerons en particulier le démarrage électrique des automobiles

Nos excellents alliés les Américains sont arrivés en France avec un outillage ultra-moderne et en même temps qu'ils auront introduit chez nous leurs voitures automobiles ils nous auront donné l'habitude de voir les moteurs à explosion se mettre en marche du siège même de la voiture par la seule pression d'un bouton. De là à assurer la vogue d'un système, il n'y a qu'un pas et l'exemple sera certainement suivi en France parce que c'est une chose trop commode et trop tentante que d'éviter une manœuvre fatigante et parfois dangereuse comme l'est celle de la manivelle de mise en marche d'un moteur d'automobile.

Pour résoudre la question que faut-il ? Un bon moteur série et une solide batterie d'accumulateurs.

Ne perdons pas de vue, en effet, que le démarrage de certains moteurs froids exige un courant de 100 à 150 A qui doit être fourni par une batterie de 3 ou de 6 éléments au plus. On devine sans peine que l'établissement d'une telle batterie a dû nécessiter une étude spéciale en vue de lui permettre d'endurer les forts régimes auxquels elle est soumise, mais nos constructeurs sont de taille à résoudre le problème si ce n'est déjà fait. Reste le moteur série qui n'offre rien de bien particulier, sauf qu'il doit être prévu pourune faible tension; malgré cela, il n'y a pas là, en somme, de quoi arrêter un bureau d'études. Nous pouvons même dire que certains de nos constructeurs français ont donné une solution au problème, solution qui, jusqu'ici, semble répondre à tous les désiderata.

Si l'on songe que plusieurs grandes maisons d'automobiles prévoient, pour l'après-guerre des fabrications correspondant à plus de 50000 châssis par usine et par an et que tous ces châssis devront être pourvus du démarrage et de l'éclairage électrique, on voit qu'il y aura place pour de nombreuses batteries et machines électriques.

Cette application nouvelle et intéressante que nous avons tenu à signaler ne met pas en jeu il est vrai des unités importantes, puisqu'il s'agit de machines dont la puissance ne dépasse pas un kilowatt, mais leur nombre peut devenir assez considérable pour mériter que l'on s'en occupe. — A. S.

Digitized by Google

Société internationale des Électriciens. — Séance du 3 janvier 1918. — La séance du 3 janvier 1918 de la Société internationale des Électriciens fut consacrée à deux intéressantes communications : « La dépolarisation par l'air et le rôle du charbon comme catalyseur dans les piles », par M. Ch. Féry et « Dispositions à employer pour améliorer le facteur de puissance dans les installations utilisant l'énergie fournie par les réseaux de distribution », par M. Rechniewski.

Nous avons publié dans la « R. G. E. » du 3 mars 1917, t. 1, p. 323, une étude de M. Ch. Féry sur une pile à densité et à faible usure locale. M. Ch. Féry a continué depuis ses études sur cette pile dont il est l'inventeur et il a exposé devant la Société internationale des Électriciens, les résultats qu'il a obtenus, tant au laboratoire qu'en pratique, la pile de M. Ch. Féry ayant été adoptée avec grand succès par plusieurs Compagnies de chemins de fer; M. Ch. Féry a montré que la dépolarisation des piles n'est pas proportionnelle à la surface géométrique des charbons, mais à leur surface active qui peut être considérablement plus élevée, et que le fonctionnement des charbons dépend de l'état de pureté de ces charbons et, à qualité égale, de la pureté du sel ammoniac dissous dans la pile, certaines impuretés pouvant jouer le rôle de catalyseurs. M. Ch. Féry a donné ensuite les résultats qu'il avait obtenus en faisant débiter ses piles à intensité constante sur un rhéostat. La forme des courbes traduisant ces résultats est sensiblement la même que celle de la courbe de décharge d'un accumulateur. La pile de M. Ch. Féry est certainement, à l'heure actuelle, la plus économique de toutes les piles ; elle fournit 95 A-h par 100 g de sel ammoniaque, et le rendement du Zn atteint 95 pour 100, ce qui n'avait jamais été obtenu jusqu'ici.

M. Rechniewski a fait également une communication du plus grand intérêt pour les producteurs et distributeurs d'énergie. Le cosinus φ de la majorité des réseaux est actuellement déplorable, cela tient en grande partie à l'emploi de plus en plus répandu des moteurs asynchrones qui fonctionnent avec un cos φ très faible lorsqu'ils ne sont pas à pleine charge, ce qui est d'ailleurs le cas général dans les ateliers. Plusieurs procédés ont été proposés pour remédier à cet état de choses : emploi de condensateurs statiques, qui n'a reçu jusqu'ici aucune application industrielle ; emploi d'avanceurs de phase, système préconisé par certains constructeurs pour les gros moteurs asynchrones ; emploi d'un moteur synchrone surexcité fonctionnant à vide, et enfin l'emploi de moteurs synchrones toutes les fois qu'il sera possible de le faire.

M. Rechniewski a montré, en s'appuyant sur les résultats obtenus dans un atelier d'une grande compagnie de chemins de fer que c'était l'emploi du moteur synchrone surexcité fonctionnant à vide et branché sur le réseau au point d'utilisation qui donnait les meilleurs résultats tant au point de vue pratique qu'au point de vue économique. C'est donc, dans l'état actuel de la technique, la solution qu'il convient d'adopter pour relever le cosinus φ des réseaux.

Rapports et notes de la Mission économique et financière en Russie. — La Mission économique et financière envoyée en Russie en 1916-1917 (Mission Tirard) a rapporté de nombreux documents sur la situation commerciale, industrielle et financière de la Russie. Elle a, en outre, établi divers rapports et notes dont voici la liste :

1° Rapport du 7/20 novembre 1916, sur la situation économique de la Russie en général;
2° Lettre du 2/15 décembre 1916, relative aux machines agricoles;
3° Rapport du 10/23 janvier 1917, sur la situation économique de la Russie en général ;
4° Note sur l'importance économique de la région de Kiew, notamment au point de vue agricole (10/23 janvier 1917);
5° Rapport du 16/29 janvier 1917, sur la situation économique de la Russie en général, notamment sur le matériel de chemin de fer, les travaux publics et l'industrie technique;
6° Notes sur le crédit à l'exportation (2 février);
7° Notes du 5/18 février sur le rôle des Zemstvos pendant la guerre;
8° Rapport du 19 mars (5 avril) 1917 sur le Caucase, la Perse du Nord et la région de Rostof;
9° Lettre relative à la Banque Vtorof (mars 1917);
10° Lettre sur la métallurgie (10/23 avril 1917);
11° Lettre relative à la situation économique au lendemain de la Révolution;
12° Note sur la crise industrielle dans le Donetz au début de 1917;
13° Note sur le régime légal des Sociétés d'assurances françaises en Russie (6/19 mai 1917);
14° Rapport sur la politique économique russe et tableau des entreprises françaises en Russie (mai 1917);
15° Rapport sur l'industrie chimique et les forces hydrauliques (2/15 juin 1917);
16° Note sur les conséquences économiques de l'indépendance polonaise, notamment au point de vue de l'industrie textile.

A l'appui de ces rapports et notes sont joints un grand nombre de documents statistiques, notamment :

Sur la région du Caucase (chemins de fer, forces hydrauliques, naphte);
Sur Rostof (céréales, ciments, lignes de navigation, outillage technique, abattoirs);
Sur le bassin de Donetz (mines et métallurgie), industrie chimique;
Sur la région de Kiew (machines agricoles);
Sur les questions de crédit, de travaux publics, d'exploitations forestières, de douanes, sur le commerce russo-allemand, etc.

La plupart de ces rapports, notes et documents sont centralisés 48, rue de Saxe (lieutenant Chasles, service d'Alsace-Lorraine, téléphone Saxe 76-81). Les rapports et notes sont en langue française, mais beaucoup des documents annexés sont en langue russe ; le lieutenant Chasles connaît cette langue.

Académie des Sciences. — Séance du 31 décembre 1917. — Parmi les communications faites en cette séance à l'Académie des Sciences, nous signalons à nos lecteurs : « Sur la nécessité d'améliorer l'équation d'état de Clausius », par M. E. Artès; « Mesure directe de l'angle de décalage intérieur d'un alternateur et de la torsance (réactance transversale globale) » par M. A. Blondel; et « Complément à la théorie de M. Blondel sur la réaction d'induit des alternateurs », par M. A. Léauté. Nous reviendrons prochainement sur ces intéressantes communications.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Propagation sur une ligne à circuit ouvert

Dans le mémoire ci-dessous, dont nous avons signalé antérieurement la publication dans le « Bulletin de la Société internationale des Electriciens », M. Brylinski étudie la propagation du courant électrique sur une ligne à circuit ouvert par une méthode élémentaire qui dérive directement de celles employées antérieurement par lord Kelvin et Vaschy pour le cas du court-circuit. Si l'on ne se laisse pas arrêter par la complexité apparente, qui n'est qu'une simple complication d'écriture, des calculs intermédiaires, on constate que les formules finales sont assez pratiques et s'interprètent aisément.

I. Dans la recherche, toujours nécessaire, des causes réelles des accidents qui se produisent sur les réseaux à courant alternatif, on a souvent incriminé la manœuvre qui consiste à fermer un interrupteur sur une ligne à circuit ouvert.

Les accidents qui se produisent parfois sur les réseaux sont assez graves, et la difficulté d'en démêler les causes assez grande pour qu'il ne soit pas inutile de chercher à élucider ce problème.

La propagation du courant électrique sur une ligne a fait l'objet de nombreux travaux (1) parmi lesquels nous rappellerons seulement les deux suivants : il y a une trentaine d'années, Vaschy a donné la solution du problème pour une ligne en court-circuit dont l'isolement peut être considéré comme parfait, et, il y a une douzaine d'années, H. Poincaré a donné la solution complète du problème.

Il n'y aurait plus à y revenir, si la solution de H. Poincaré, très mathématique et d'ailleurs dirigée surtout dans le sens de l'étude des questions téléphoniques, ne présentait quelques difficultés pratiques pour de simples techniciens. De fait, nous n'en connaissons pas d'application et, bien au contraire, on continue à trouver dans les publications des appréciations évidemment inexactes sur l'augmentation des ondes après réflexions.

Il ne sera donc pas dénué d'intérêt de donner, pour le cas spécial du circuit ouvert, une solution relativement simple d'après le procédé employé par Vaschy, à la suite de lord Kelvin, pour le cas du court-circuit.

II. Envisageons une ligne de longueur l, de résistance totale R, de self-inductance totale L, de capacité totale C, et de conductance totale d'isolement g.

Dans une ligne à deux conducteurs, dits *d'aller* et *de retour*, on envisage généralement la tension entre les sections correspondantes de ces conducteurs, à travers lesquelles le courant a la même valeur et des sens opposés. Dans une ligne triphasée, on est amené à envisager un des conducteurs en rapport avec un conducteur neutre fictif, dont on prend le potentiel comme zéro, la capacité et la conductance d'isolement se trouvant ainsi doublées tandis que la résistance et la self-inductance sont réduites à moitié par rapport à celles du groupe de deux conducteurs dits *d'aller* et *de retour*.

Il n'en résulte aucune modification dans les résultats, car, ainsi que nous le verrons par la suite, ce ne sont pas les quantités C, R, L, g qui interviennent isolément dans les résultats, mais seulement des groupements tels que $\frac{L}{R}$, $\frac{C}{g}$, CR, gR et leurs combinaisons.

Dans ces conditions, le procédé peut être généralisé, quel que soit le nombre de conducteurs, et nous désignerons par V la tension en un point d'un des conducteurs par rapport au neutre fictif supposé au potentiel nul, et par I le courant traversant la section droite équipotentielle qui contient ce point.

D'autre part, nous prendrons pour origine des temps le moment précis où la tension s'établit sur la ligne, supposée préalablement déchargée, et comme origine des espaces le *départ* de la ligne, où s'établit la tension, en désignant par l'expression *arrivée* l'autre extrémité de la ligne, qui reste isolée en permanence.

Les équations du problème sont dès lors (1)

$$-\frac{\partial V}{\partial x} = \frac{R}{l} I + \frac{L}{l}\frac{\partial I}{\partial t}, \qquad (1)$$

$$-\frac{\partial I}{\partial t} = \frac{g}{l} V + \frac{C}{l}\frac{\partial V}{\partial t}; \qquad (2)$$

(1) Il ne saurait évidemment entrer dans nos intentions de donner la bibliographie complète du sujet.

(1) Vaschy a signalé et H. Poincaré confirmé que cette mise en équation ne s'appliquait plus dans le cas de fréquences extrêmement élevées, mais elle est suffisamment correcte pour les fréquences qu'on rencontre dans les transports d'énergie et la téléphonie. Tous les développements ultérieurs supposeront d'ailleurs R et L constants, ce qui est inexact pour les hautes fréquences.

Digitized by Google

d'où l'on déduit

$$l^2\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = CL\frac{\partial^2 V}{\partial t^2} + (CR + gL)\frac{\partial V}{\partial t} + gRV, \quad (3)$$

$$l^2\frac{\partial^2 I}{\partial x^2} = CL\frac{\partial^2 I}{\partial t^2} + (CR + gL)\frac{\partial I}{\partial t} + gRI. \quad (4)$$

On voit que V et I dépendent de la même équation du second ordre aux différentielles partielles.

Les équations (1) et (2) se simplifient lorsqu'on pose

$$V = V_1 e^{-\frac{g}{C}t} + V_p, \quad (5)$$

$$I = I_1 e^{-\frac{R}{L}t} + I_p, \quad (6)$$

où V_p et I_p représentent la tension et le courant en régime permanent, qui satisfont séparément aux équations (1) et (2), ce qui donne, pour la période variable,

$$-l\frac{\partial V_1}{\partial x} = Le^{\left(\frac{g}{C}-\frac{R}{L}\right)t}\frac{\partial I_1}{\partial t}, \quad (1')$$

$$-l\frac{\partial I_1}{\partial x} = Ce^{\left(\frac{R}{L}-\frac{g}{C}\right)t}\frac{\partial V_1}{\partial t}. \quad (2')$$

On voit immédiatement apparaître un cas particulier intéressant, celui où

$$\frac{g}{C} = \frac{R}{L}, \quad (7)$$

d'où résultent

$$-l\frac{\partial V_1}{\partial x} = L\frac{\partial I_1}{\partial t}, \quad (1'')$$

$$-l\frac{\partial I_1}{\partial x} = C\frac{\partial V_1}{\partial t}, \quad (2'')$$

$$l^2\frac{\partial^2 V_1}{\partial x^2} = CL\frac{\partial^2 V_1}{\partial t}, \quad (3')$$

$$l^2\frac{\partial^2 I_1}{\partial x^2} = CL\frac{\partial^2 I_1}{\partial t^2}. \quad (4')$$

On reconnaît l'équation particulièrement simple des cordes vibrantes.

III. Ce cas particulier mérite de retenir quelque temps notre attention.

Montrons tout d'abord qu'il peut se rencontrer dans la pratique.

Considérons une ligne aérienne, de haute tension s'il s'agit d'une ligne industrielle, car il ne se passe guère de phénomènes graves sur la basse tension, et d'assez grande longueur, s'il s'agit d'une ligne téléphonique. Dans ces cas, le seul métal employé sera le cuivre de haute conductivité, et les sections employées seront comprises en général entre 15 et 50 mm², c'est-à-dire que la résistance sera comprise entre l et $\frac{l}{3}$ ohms, la longueur étant exprimée en kilomètres. La capacité variera peu aux environs de $10^{-8}\,l$ farads et la self-inductance autour de l millihenrys, de telle sorte que la relation (7) conduira à des valeurs de g comprises entre $10^{-5}\,l$ et $\frac{1}{3}\,10^{-5}\,l$, ce qui correspond à un isolement compris entre 100 000 et 300 000 ohms par kilomètre. C'est un isolement minimum, auquel on descend parfois par les temps très humides.

Pour les câbles souterrains, la valeur de la conductance d'isolement est assez mal définie, mais on peut admettre également que la valeur de g y sera presque toujours supérieure à celle qui résulte de l'équation (7).

A l'autre extrémité de l'échelle, nous trouvons le cas de l'isolement parfait, pour lequel g s'annule, de telle sorte qu'on peut dire que tous les cas de la pratique se rencontreront dans les limites de l'inégalité suivante :

$$0 < g \leq \frac{CR}{L}.$$

Il résulte de là que l'équation (7) ne définit pas un cas simplement curieux au point de vue mathématique, mais bien une limite inférieure de l'isolement dont il est intéressant de faire l'étude complète.

La solution de l'équation (3') est de la forme

$$V_1 = F_1\left(\frac{x}{l} - \frac{t}{\sqrt{CL}}\right) + F_2\left(\frac{x}{l} + \frac{t}{\sqrt{CL}}\right), \quad (8)$$

où F_1 et F_2 sont deux fonctions arbitraires. Cette solution fait ressortir qu'il s'agit de deux ondes se propageant avec des vitesses égales et opposées, de valeur commune $\frac{l}{\sqrt{CL}}$, c'est-à-dire d'une onde directe et d'une onde réfléchie. Mais l'équation (5) montre bien que cette propagation se fait avec amortissement.

En transportant cette valeur de V_1, dans les équations (1'') et (2''), on obtient le groupe suivant :

$$\frac{\partial I_1}{\partial t} = \frac{l}{L}\frac{\partial V_1}{\partial x} = -\frac{1}{L}\left[F'_1\left(\frac{x}{l} - \frac{t}{\sqrt{CL}}\right) + F'_2\left(\frac{x}{l} + \frac{t}{\sqrt{CL}}\right)\right],$$

$$\frac{\partial I_1}{\partial x} = -\frac{C}{l}\frac{\partial V_1}{\partial t} = \frac{1}{l}\sqrt{\frac{C}{L}}\left[F'_1\left(\frac{x}{l} - \frac{t}{\sqrt{CL}}\right) - F'_2\left(\frac{x}{l} + \frac{t}{\sqrt{CL}}\right)\right].$$

D'où l'on déduit immédiatement

$$\frac{\partial I_1}{\partial t}\,dt + \frac{\partial I_1}{\partial x}\,dx = dI_1 = \sqrt{\frac{C}{L}}\left[dF_1\left(\frac{x}{l} - \frac{t}{\sqrt{CL}}\right) - dF_2\left(\frac{x}{l} + \frac{t}{\sqrt{CL}}\right)\right]$$

Digitized by Google

et, par conséquent,

$$I_1 = \sqrt{\frac{C}{L}}\left[F_1\left(\frac{x}{l} - \frac{t}{\sqrt{CL}}\right) - F_2\left(\frac{x}{l} + \frac{t}{\sqrt{CL}}\right)\right], \quad (9)$$

la constante d'intégration étant évidemment nulle puisqu'à l'arrivée l'intensité est nulle, quel que soit t.

Cette annulation de l'intensité à l'arrivée entraîne la conséquence suivante :

$$F_1\left(1 - \frac{t}{\sqrt{CL}}\right) = F_2\left(\frac{x}{l} + \frac{t}{\sqrt{CL}}\right). \quad (10)$$

qui présente un réel intérêt. Cette équation, en effet, qui est vraie quel que soit t, sera vérifiée pour $t + \sqrt{CL}$, de telle sorte qu'on aura également

$$F_2\left(2 + \frac{t}{\sqrt{CL}}\right) = F_1\left(-\frac{t}{\sqrt{CL}}\right).$$

D'autre part, cette solution ne donne que l'état variable, comme il résulte des équations (5) et (6), et, au départ de la ligne, la tension est en permanence égale à E, qui est sa valeur dans l'état permanent. Par conséquent, la tension V_1 est nulle à l'origine et l'on a

$$F_1\left(-\frac{t}{\sqrt{CL}}\right) = -F_2\left(\frac{t}{\sqrt{CL}}\right),$$

d'où l'on déduit

$$F_2\left(2 + \frac{t}{\sqrt{CL}}\right) = -F_2\left(\frac{t}{\sqrt{CL}}\right) = F_2\left(\frac{t}{\sqrt{CL}} - 2\right), \quad (10')$$

d'où il résulte que la fonction F_2 et par conséquent la fonction F_1 sont des fonctions périodiques du temps de période $4\sqrt{CL}$. On en conclut immédiatement que ce sont également des fonctions périodiques dans l'espace, de période $4l$, de telle sorte que la ligne vibre en quart d'onde, alors qu'elle vibre en demi-onde dans le cas du court-circuit, ainsi qu'il est aisé de le vérifier.

Nous pourrons donc poser d'une manière générale

$$\left.\begin{aligned} F_1 &= \sum_1^\infty A_n \sin\left[n\pi\left(\frac{x}{2l} - \frac{t}{2\sqrt{CL}}\right) + \psi_n\right], \\ F_2 &= \sum_1^\infty A'_n \sin\left[n\pi\left(\frac{x}{2l} + \frac{t}{2\sqrt{CL}}\right) + \psi'_n\right], \end{aligned}\right\} \quad (11)$$

et les conditions d'annulation de la tension au départ pour le régime variable et de l'intensité à l'arrivée se traduiront par les équations suivantes, qui doivent être satisfaites quel que soit t,

$$\sum_1^\infty A_n \sin\left(-\frac{n\pi t}{2\sqrt{CL}} + \psi_n\right) + A'_n \sin\left(\frac{n\pi t}{2\sqrt{CL}} + \psi'_n\right) = 0,$$

$$\sum_1^\infty A_n \sin\left(\frac{n\pi}{2} - \frac{n\pi t}{2\sqrt{CL}} + \psi_n\right) - A'_n \sin\left(\frac{n\pi}{2} + \frac{n\pi t}{2\sqrt{CL}} + \psi'_n\right) = 0,$$

ce qui nécessite que

$$A'_n \cos\psi'_n - A_n \cos\psi_n = 0,$$

$$A'_n \sin\psi'_n + A_n \sin\psi_n = 0,$$

$$A_n \cos\left(\frac{n\pi}{2} + \psi_n\right) + A'_n \cos\left(\frac{n\pi}{2} + \psi'_n\right) = 0,$$

$$A_n \sin\left(\frac{n\pi}{2} + \psi_n\right) - A'_n \sin\left(\frac{n\pi}{2} + \psi'_n\right) = 0.$$

Lorsque n est pair, ces équations sont incompatibles ; donc n est forcément impair, et, dans ce cas, les deux dernières équations se confondent avec les deux premières pour donner

$$\psi'_n = -\psi_n.$$
$$A'_n = A_n.$$

En substituant ces valeurs dans (11), (8) et (9), on obtient finalement

$$\left.\begin{aligned} V_1 &= 2\sum_1^\infty A_{2n+1} \sin\frac{(2n+1)\pi x}{2l} \cos\left[\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}} - \psi_{2n+1}\right], \\ I_1 &= -2\sqrt{\frac{C}{L}}\sum_1^\infty A_{2n+1} \cos\frac{(2n+1)\pi x}{2l} \sin\left[\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}} - \psi_{2n+1}\right], \end{aligned}\right\} \quad (12)$$

Reste à déterminer A_{2n+1} et ψ_{2n+1}, ce qui résultera de la dernière condition aux limites que nous n'avons pas encore appliquée et d'après laquelle la tension et le courant sont nuls sur toute la ligne, sauf au départ, à l'origine des temps.

Le régime total étant la superposition du régime permanent, que nous allons déterminer, et de l'état variable, dont nous venons de donner l'expression, il résulte évidemment de cette condition qu'au moment de l'établissement de la tension au départ les expressions

Digitized by Google

(12) doivent représenter le développement de la valeur de régime permanent en série de Fourier, avec discontinuité au départ pour la tension.

Il y a donc lieu maintenant d'établir la formule du régime permanent et de la développer en série de Fourier. Mais auparavant nous estimons préférable d'étudier complètement le cas, plus simple à ce point de vue, où l'isolement peut être considéré comme parfait.

IV. Supposons que l'on ait

$$g = 0$$

et retenons de ce qui précède, car il s'agit évidemment de données fondamentales, que la valeur plus ou moins parfaite de l'isolement ne suffit pas à altérer dans leur essence, que le régime variable se compose d'ondes qui se propagent avec réflexion, tout en s'amortissant, et que la ligne vibre en quart d'onde.

Dans ce cas, les équations fondamentales deviennent

$$-l\frac{\partial V}{\partial x} = RI + L\frac{\partial I}{\partial t}, \qquad (1''')$$

$$-l\frac{\partial I}{\partial x} = C\frac{\partial V}{\partial t}, \qquad (2''')$$

$$l^2\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = CL\frac{\partial^2 V}{\partial t^2} + CR\frac{\partial V}{\partial t}, \qquad (3''')$$

$$l^2\frac{\partial^2 I}{\partial x^2} = CL\frac{\partial^2 I}{\partial t^2} + CR\frac{\partial I}{\partial t}. \qquad (4''')$$

Le régime permanent, dans ce cas d'une impulsion unique, est évidemment celui où la tension et le courant ne dépendent plus du temps et où l'on a, par conséquent,

$$\frac{\partial V_p}{\partial t} = 0,$$

$$\frac{\partial I_p}{\partial t} = 0,$$

d'où résulte immédiatement

$$\frac{\partial I_p}{\partial x} = 0,$$

et par conséquent

$$I_p = 0,$$

puisque le courant est nul à l'arrivée; d'où résulte également

$$\frac{\partial V_p}{\partial x} = 0,$$

et par conséquent

$$V_p = E.$$

La tension est uniformément égale à E et le courant nul, ainsi qu'on pouvait le prévoir a priori.

Nous devons donc développer E en série de Fourier le long de la ligne, et la solution sera, à l'origine des temps,

$$V = E - (\text{série de Fourier}).$$

D'autre part, au départ, la tension est égale à E dès l'origine alors qu'elle est nulle sur le reste de la ligne; il en résulte la nécessité de calculer une série qui soit égale à E pour les valeurs positives de x et à $-E$ pour les valeurs négatives. La série sera donc impaire, et composée seulement de sinus. Le courant se développera par conséquent en une série de cosinus par rapport à x, et comme ce courant doit être nul à l'arrivée, quel que soit t, cette arrivée devra être un point milieu du développement de $+E$, c'est-à-dire que la variable sera $\frac{\pi x}{2l}$. On retrouve ici la vibration en quart d'onde à laquelle nous étions parvenus directement dans le cas précédent (§ 3).

Ce développement est d'ailleurs bien connu, il ne contient que des termes impairs, de sorte que l'on peut écrire

$$V = E\left[1 - 4\sum_{0}^{\infty}\frac{f_n(t)}{(2n+1)\pi}\sin(2n+1)\frac{\pi x}{2l}\right], \qquad (13)$$

où $f_n(t)$ est une fonction du temps seul qui doit devenir égale à 1 à l'origine des temps.

Si l'on transporte cette valeur dans l'équation (3''), il vient

$$\frac{d^2 f_n}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{df_n}{dt} + \frac{(2n+1)^2\pi^2}{4CL} = 0.$$

L'expression de f_n sera donc de la forme

$$f_n(t) = A_n e^{\alpha_n t} + A'_n e^{\alpha'_n t},$$

où les paramètres A n'ont aucun rapport avec ceux employés précédemment. Nous aurons d'ailleurs

$$\left\{\begin{matrix}\alpha_n \\ \alpha'_n\end{matrix}\right\} = -\frac{R}{2L} \pm \frac{1}{2}\sqrt{\frac{R^2}{L^2} - \frac{(2n+1)^2\pi^2}{CL}}. \qquad (14)$$

Il suffit d'envisager les valeurs numériques possibles des divers paramètres pour se rendre compte que, dans presque tous les cas, le radical sera imaginaire. S'il n'en était pas ainsi, les premiers termes seraient purement amortis et l'on arriverait vite à une valeur de n au-dessus de laquelle le radical serait constamment imaginaire; il n'y aurait aucune modification essentielle au cas précédent, que nous envisagerons seul.

Si, dans ces conditions, nous posons

$$\beta_{2n+1} = \frac{R}{2L}\sqrt{\frac{(2n+1)^2\pi^2 L}{CR^2} - 1}, \qquad (15)$$

Digitized by Google

nous pourrons mettre de préférence la valeur de f_n sous la forme

$$f_n(t) = e^{-\frac{R}{2L}t}\left[A_n \sin\beta_{2n+1}t + A'_n \cos\beta_{2n+1}t\right], \quad (16)$$

ce qui montre que nous aurons des oscillations amorties de fréquence

$$\frac{\beta_{2n+1}}{2\pi} = \frac{2n+1}{4\sqrt{CL}}\sqrt{1 - \frac{CR^2}{(2n+1)^2\pi^2 L}}.$$

La valeur du radical est, dans la plupart des cas de la pratique, déjà très voisine de l'unité pour les plus petites valeurs de n; elle s'en rapproche, en tous les cas, d'autant plus que la valeur de n est plus grande et l'on peut dire en somme que la ligne vibrera approximativement comme un tuyau fermé, l'approximation étant d'autant plus grande que la fréquence sera plus élevée.

Nous retrouvons ici, approximativement réalisés, les résultats obtenus rigoureusement au paragraphe 3.

A l'origine des temps, nous devons d'ailleurs avoir

$$A'_n = 1,$$

de telle sorte que la tension aura pour expression

$$V = E\left[1 - 4e^{-\frac{R}{2L}t}\sum_0^\infty \frac{A_n \sin\beta_{2n+1}t + \cos\beta_{2n+1}t}{(2n+1)\pi}\sin(2n+1)\frac{\pi x}{2l}\right]. \quad (13')$$

Déduisons maintenant l'intensité de l'équation (1') modifiée

$$-l\frac{\partial V}{\partial x} = Le^{-\frac{R}{L}t}\frac{\partial I_1}{\partial t},$$

qui donne

$$\frac{\partial I_1}{\partial t} = \frac{2E}{L}e^{\frac{R}{2L}t}\sum_0^\infty (A_n \sin\beta_{2n+1}t + \cos\beta_{2n+1}t)\cos(2n+1)\frac{\pi x}{2l}.$$

Cette équation s'intègre immédiatement. L'intégrale comporte une fonction arbitraire de x qui est évidemment nulle, puisque le courant est nul en régime permanent, de sorte que l'on a

$$(17)\quad I = \frac{2E}{L}e^{-\frac{R}{2L}t}\sum_0^\infty\left[\left(\frac{RA_n}{2L} + \beta_{2n+1}\right)\sin\beta_{2n+1}t + \left(\frac{R}{2L} - \beta_{2n+1}A_n\right)\cos\beta_{2n+1}t\right]\cos\frac{(2n+1)\pi x}{2l}.$$

Cette valeur est bien nulle, quel que soit t, à l'arrivée de la ligne. Elle doit également être nulle à l'origine des temps, quel que soit x, ce qui exige que

$$A_n = \frac{R}{2L\beta_{2n+1}},$$

de telle sorte que les valeurs de V et de I sont finalement

$$(13'')\quad V = E\left[1 - 4e^{-\frac{R}{2L}t}\sum_0^\infty \frac{\frac{R}{2L\beta_{2n+1}}\sin\beta_{2n+1}t + \cos\beta_{2n+1}t}{(2n+1)\pi}\sin\frac{(2n+1)\pi x}{2l}\right],$$

$$(17')\quad I = \frac{2E}{L}e^{-\frac{R}{2L}t}\sum_0^\infty\left(\beta_{2n+1} + \frac{R^2}{4L^2\beta_{2n+1}}\right)\sin\beta_{2n+1}t\cos\frac{(2n+1)\pi x}{2l}.$$

Le terme général de la série (13'') peut s'écrire sous forme de différences de sinus et de cosinus dont les arguments sont respectivement

$$\frac{(2n+1)\pi x}{2l} - \beta_{2n+1}t,$$

et

$$\frac{(2n+1)\pi x}{2l} + \beta_{2n+1}t,$$

ce qui indique bien l'existence de deux perturbations se propageant en sens inverse avec la même vitesse créant des ondes stationnaires.

La vitesse de propagation a d'ailleurs pour valeur

$$\frac{2\beta_{2n+1}l}{(2n+1)\pi}.$$

Tant que, dans l'expression (15), le radical diffère sensiblement de l'unité, il en résulte pour la vitesse une valeur complexe; mais dès que ce radical est assez voisin de 1, la vitesse de propagation prend la valeur simple $\frac{l}{\sqrt{CL}}$, indépendante de la fréquence, et égale à celle qui est obtenue rigoureusement dans le cas examiné au paragraphe 3.

Il est d'ailleurs facile de donner l'expression de la vitesse dans le cas général. Prenons une variable auxiliaire γ_{2n+1} définie par

$$R = (2n+1)\pi\sqrt{\frac{L}{C}}\cos\gamma_{2n+1},$$

$$2L\beta_{2n+1} + (2n=1)\pi\sqrt{\frac{L}{C}}\sin\gamma_{2n+1};$$

Digitized by Google

nous pourrons écrire pour la vitesse de propagation

$$v=\frac{dx}{dt}=\frac{l}{\sqrt{CL}}\frac{\sum_{0}^{\infty}\sin\left[\beta_{2n+1}t+\gamma_{2n+1}-\frac{(2n+1)\pi x}{2l}\right]}{\sum_{0}^{\infty}\frac{1}{\sin\gamma_{2n+1}}\sin\left[\beta_{2n+1}t+\gamma_{2n+1}-\frac{(2n+1)\pi x}{2l}\right]},$$

qui se rapprochera d'autant plus de la valeur limite $\frac{l}{\sqrt{CL}}$ que

$$\sin\gamma_{2n+1}=\sqrt{1-\frac{CR^2}{(2n+1)^2\pi^2L}}$$

se rapprochera davantage de l'unité.

Si nous reprenons les données de ligne aérienne déjà indiquées

$$R=\frac{1}{3}l,\quad C=10^{-8}\,l,\quad L=10^{-3}\,l,$$

nous aurons approximativement

$$\sin\gamma_{2n+1}=\sqrt{1-10^{-6}\,\frac{l^2}{(2n+1)^2\pi^2}}$$

de sorte que, pour une ligne de 316 km, nous aurions

$$\sin\gamma_1=0{,}995.$$

Pour une ligne en câble souterrain, la capacité serait plus grande, la self-induction moindre, mais la longueur usuelle beaucoup plus petite, de sorte que l'écart serait encore plus faible.

On peut donc dire que, dans tous les cas pratiques de lignes d'énergie, la vitesse a sensiblement la valeur $\frac{l}{\sqrt{CL}}$, soit 300 000 km : sec pour les lignes aériennes, et les fréquences sont sensiblement les harmoniques impairs de $\frac{1}{4\sqrt{CL}}$, dont la valeur, pour les lignes aériennes, est égale à $\frac{75\,000}{l}$. Seules les très longues lignes télégraphiques et téléphoniques auront une vitesse de propagation d'expression complexe et de valeur inférieure à celle des lignes industrielles, et des fréquences différentes, au moins dans les fréquences basses, de la série des harmoniques impairs.

Reste à déterminer la tension à l'arrivée, qui est le but principal de notre étude. La valeur est donnée par l'expression

$$(18)\qquad V_l=E\left[1-4e^{-\frac{R}{2L}t}\sum_{0}^{\infty}(-1)^n\frac{\frac{R}{2L\beta_{2n+1}}\sin\beta_{2n+1}t+\cos\beta_{2n+1}t}{2n+1}\right].$$

Ces séries, qui ne sont pas très expressives au premier abord, se somment très facilement, au moins dans le cas, général pour les lignes industrielles, où l'on peut admettre pour β_{2n+1} la valeur simplifiée qui correspond à l'approximation

$$\sin\gamma_{2n+1}=1.$$

Les séries que nous avons à sommer dans ce cas sont les suivantes :

$$4\sum_{0}^{\infty}\frac{(-1)^n\cos\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}}{2n+1)\pi}\quad\text{et}\quad 4\sum_{0}^{\infty}\frac{(-1)^nR\sqrt{\frac{C}{L}}\sin\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}}{(2n+1)^2\pi^2}.$$

Or, nous avons vu plus haut (13) qu'on a

$$4\sum_{0}^{\infty}\frac{1}{(2n+1)\pi}\sin(2n+1)\frac{\pi x}{2l}=\begin{cases}1 & \text{de } x=0 \text{ à } x=2l,\\ -1 & \text{de } x=-2l \text{ à } x=0.\end{cases}$$

Cette série se reproduit d'ailleurs avec changement de signe chaque fois que x augmente de $2l$.

On aura, par conséquent,

$$4\sum_{0}^{\infty}\frac{1}{(2n+1)\pi}\sin(2n+1)\frac{\pi t}{2\sqrt{CL}}=\begin{cases}-1 & \text{de } t=-2\sqrt{CL} \text{ à } t=0;\\ +1 & \text{de } t=0 \text{ à } t=2\sqrt{CL},\\ \dots & \dots\end{cases}$$

Si nous remplaçons t par $t+\sqrt{CL}$, nous obtiendrons, comme il est facile de le voir,

$$\sum\frac{(-1)^n}{(2n+1)\pi}\cos(2n+1)\frac{\pi t}{2\sqrt{CL}}=\begin{cases}+1 & \text{de } t=0 \text{ à } t=\sqrt{CL},\\ -1 & \text{de } t=\sqrt{CL} \text{ à } t=3\sqrt{CL},\\ +1 & \text{de } t=3\sqrt{CL} \text{ à } t=5\sqrt{CL},\\ -1 & \text{de } t=5\sqrt{CL} \text{ à } t=7\sqrt{CL},\\ +1 & \text{de } t=7\sqrt{CL} \text{ à } t=9\sqrt{CL},\\ \dots & \dots\end{cases}$$

Digitized by Google

Si nous intégrons cette série, nous aurons

$$4\sum_{0}^{\infty}\frac{(-1)^n 2\sqrt{CL}}{(2n+1)^2\pi^2}\sin(2n+1)\frac{\pi t}{2\sqrt{CL}}=\pm t,$$

car la constante d'intégration est nulle, comme on le voit immédiatement en annulant t. Mais cette égalité n'est exacte que dans les limites de $-3\sqrt{CL}$ à $+\sqrt{CL}$. Au delà, la série reprend ses valeurs primitives, alors que t continue à augmenter et il faut introduire la constante d'intégration pour chaque intervalle. Nous aurons dès lors

$$4\sum_{0}^{\infty}\frac{(-1)^n R\sqrt{\frac{C}{L}}\sin\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}}{(2n+1)^2\pi^2}$$

$$=\frac{R}{2L}t \qquad \text{de } t=0 \text{ à } t=\sqrt{CL},$$

$$-\frac{R}{2L}(t-2\sqrt{CL}) \qquad \text{de } t=\sqrt{CL} \text{ à } t=3\sqrt{CL},$$

$$\frac{R}{2L}(t-4\sqrt{CL}) \qquad \text{de } t=3\sqrt{CL} \text{ à } t=5\sqrt{CL},$$

$$-\frac{R}{2L}(t-6\sqrt{CL}) \qquad \text{de } t=5\sqrt{CL} \text{ à } t=7\sqrt{CL}.$$

. . . . . .

De sorte que V_t aura finalement pour valeur, en tenant compte de ce que $\frac{R}{L}t$ est, dans la limite des simplifications admises, toujours assez petit pour qu'on puisse écrire, tant que $t \leq \sqrt{CL}$,

$$e^{\frac{R}{2L}t}=1+\frac{R}{2L}t,$$

$$V_t=0 \qquad \text{de } t=0 \text{ à } t=\sqrt{CL},$$

$$V_t=E\left\{1+\left[1+\frac{R}{2L}(t-2\sqrt{CL})\right]e^{-\frac{R}{2L}t}\right\} \qquad \text{de } t=\sqrt{CL} \text{ à } t=3\sqrt{CL},$$

$$V_t=E\left\{1-\left[1+\frac{R}{2L}(t-4\sqrt{CL})\right]e^{-\frac{R}{2L}t}\right\} \qquad \text{de } t=3\sqrt{CL} \text{ à } t=5\sqrt{CL},$$

$$V_t=E\left\{1-\left[1+\frac{R}{2L}(t-6\sqrt{CL})\right]e^{-\frac{R}{2L}t}\right\} \qquad \text{de } t=5\sqrt{CL} \text{ à } t=7\sqrt{CL},$$

. . . . . .

Ces valeurs successives peuvent d'ailleurs approximativement s'écrire

$$V_t=0,$$

$$V_t=E\left[2-R\sqrt{\frac{C}{L}}e^{-\frac{R}{2L}t}\right],$$

$$V_t=E\times 2R\sqrt{\frac{C}{L}}e^{-\frac{R}{2L}t},$$

$$V_t=E\left[2-3R\sqrt{\frac{C}{L}}e^{-\frac{R}{2L}t}\right],$$

. . . . . .

On voit que la tension ne se double pas tout à fait au moment $\sqrt{CL}$, et qu'elle va ensuite en se rapprochant peu à peu de E en passant successivement au-dessus et au-dessous pendant des périodes qui sont d'ailleurs extrêmement courtes, puisqu'elles se comptent en millièmes de seconde pour des lignes aériennes de 300 km de longueur.

On peut en conclure, à notre sens, que la manœuvre de fermeture sur une ligne à circuit ouvert n'est pas dangereuse, car une surtension qui n'arrive pas à doubler la tension, et cela pendant une petite fraction de seconde, ne paraît de nature à pouvoir endommager aucun appareil.

Ces résultats sont indiqués, pour le cas particulier où

$$R\sqrt{\frac{C}{L}}=0{,}1,$$

sur la figure ci-après (fig. 1), dans la ligne brisée marquée I. Ce cas correspond à une longueur de 100 km de la ligne aérienne que nous avons déjà envisagée et à environ 12 km

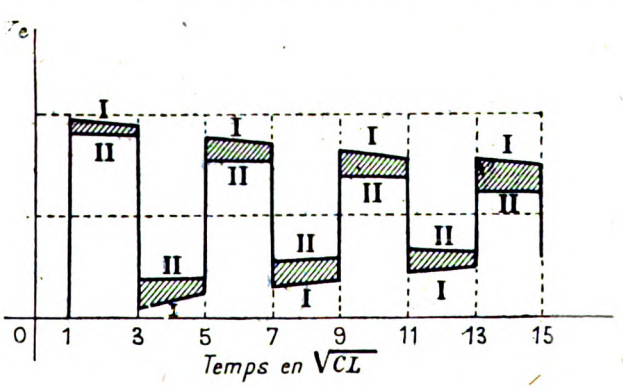


Fig. 1.

de câble souterrain de même section. Pour des lignes plus longues, la surtension serait moindre.

Digitized by Google

V. Nous pouvons revenir maintenant au cas du paragraphe 3.

Nous avons tout d'abord à établir les formules du régime permanent, dans lequel les équations (1), (2) et (3) deviennent

$$-l\frac{\partial V_p}{\partial x} = RI_p,$$

$$-l\frac{\partial I_p}{\partial x} = gV_p,$$

$$l^2\frac{\partial^2 V_p}{\partial x^2} = gRV_p.$$

D'où l'on déduit (1)

$$V_p = Ae^{\frac{x\sqrt{gR}}{l}} + A'e^{\frac{x\sqrt{gR}}{l}},$$

$$I_p = \sqrt{\frac{g}{R}}\left(A'e^{-\frac{x\sqrt{gR}}{l}} - Ae^{\frac{x\sqrt{gR}}{l}}\right).$$

Les conditions aux limites donnent

$$A'e^{-\sqrt{gR}} = Ae^{\sqrt{gR}},$$

$$A + A' = E.$$

D'où l'on déduit

$$\left.\begin{aligned} V_p &= E\frac{\operatorname{ch}\left(1-\frac{x}{l}\right)\sqrt{gR}}{\operatorname{ch}\sqrt{gR}}, \\ I_p &= E\sqrt{\frac{g}{R}}\frac{\operatorname{sh}\left(1-\frac{x}{l}\right)\sqrt{gR}}{\operatorname{ch}\sqrt{gR}}. \end{aligned}\right\} \quad (19)$$

Ces résultats sont généraux et valables, quelle que soit la valeur de l'isolement. On voit facilement que ces valeurs tendent respectivement vers E et o lorsque g tend vers o.

Le développement de ces valeurs en série de Fourier se fait par les procédés connus, en spécifiant, par suite de la discontinuité au départ de la ligne à l'origine des temps, que le développement de $\operatorname{ch}\left(1-\frac{x}{l}\right)\sqrt{gR}$, qui sera égal à cette fonction de o à $2l$, sera égal à

$$-\operatorname{ch}\left(1+\frac{x}{l}\right)\sqrt{gR} \text{ de } -2l \text{ à o.}$$

De même, le développement de $\operatorname{sh}\left(1-\frac{x}{l}\right)\sqrt{gR}$, qui sera égal à cette fonction de o à $2l$, sera égal à

$$\operatorname{sh}\left(1+\frac{x}{l}\right)\sqrt{gR} \text{ de } -2l \text{ à o.}$$

Dans ces conditions on obtient

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{ch}\left(1-\frac{x}{l}\right)\sqrt{gR} &= 4\operatorname{ch}\sqrt{gR}\sum_0^\infty \frac{(2n+1)\pi\sin\frac{(2n+1)\pi x}{2l}}{(2n+1)^2\pi^2+4gR}, \\ \operatorname{sh}\left(1-\frac{x}{l}\right)\sqrt{gR} &= 8\sqrt{gR}\operatorname{ch}\sqrt{gR}\sum_0^\infty \frac{\cos\frac{(2n+1)\pi x}{2l}}{(2n+1)^2\pi^2+4gR}. \end{aligned}\right\} \quad (20)$$

Dans le cas particulier que nous envisageons en ce moment, nous avons d'ailleurs

$$gR = R^2\frac{C}{L}$$

et nous voyons qu'on doit avoir à l'origine des temps

$$V = E\left[\frac{\operatorname{ch}\left(1-\frac{x}{l}\right)R\sqrt{\frac{C}{L}}}{\operatorname{ch}R\sqrt{\frac{C}{L}}} - 4\sum_0^\infty \frac{(2n+1)\pi\sin\frac{(2n+1)\pi x}{2l}}{(2n+1)^2\pi^2+4\frac{CR^2}{L}}\right].$$

$$I = E\sqrt{\frac{C}{L}}\left[\frac{\operatorname{sh}\left(1-\frac{x}{l}\right)R\sqrt{\frac{C}{L}}}{\operatorname{ch}R\sqrt{\frac{C}{L}}} - 8R\sqrt{\frac{C}{L}}\sum_0^\infty \frac{\cos\frac{(2n+1)\pi x}{2l}}{(2n+1)^2\pi^2+4\frac{CR^2}{L}}\right].$$

Si l'on rapproche ces développements en série des équations (12) en se rappelant qu'à l'origine des temps

(1) Les coefficients A et A' employés ici n'ont aucun rapport avec ceux employés précédemment. Nous ne répéterons pas cette observation dans la suite pour ces coefficients adoptés d'une manière fugitive.

Digitized by Google

V_1 et I_1 sont respectivement égaux (au régime permanent près) à V et I, on voit immédiatement qu'on doit avoir

$$A_{2n+1}\cos\psi_{2n+1} = -\frac{2(2n+1)\pi E}{(2n+1)^2\pi^2 + 4\frac{CR^2}{L}},$$

$$A_{2n+1}\sin\psi_{2n+1} = -\frac{4R\sqrt{\frac{C}{L}}E}{(2n+1)^2\pi^2 + 4\frac{CR^2}{L}},$$

de telle sorte qu'on aura finalement

$$V = E\left[\frac{\operatorname{ch}\left(1-\frac{x}{l}\right)R\sqrt{\frac{C}{L}}}{\operatorname{ch}R\sqrt{\frac{C}{L}}} - 4e^{-\frac{R}{L}t}\times\sum_0^\infty \frac{2R\sqrt{\frac{C}{L}}\sin\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}} + (2n+1)\pi\cos\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}}{(2n+1)^2\pi^2+4\frac{CR^2}{L}}\sin\frac{(2n+1)\pi x}{2l}\right],$$

$$I = E\sqrt{\frac{C}{L}}\left[\frac{\operatorname{sh}\left(1-\frac{x}{l}\right)R\sqrt{\frac{C}{L}}}{\operatorname{ch}R\sqrt{\frac{C}{L}}} - 4e^{-\frac{R}{L}t}\times\sum_0^\infty \frac{2R\sqrt{\frac{C}{L}}\cos\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}} - (2n+1)\pi\sin\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}}{(2n+1)^2\pi^2+4\frac{CR^2}{L}}\cos\frac{(2n+1)\pi x}{2l}\right]. \quad (21)$$

Ce qui nous intéresse particulièrement, c'est la tension à l'arrivée

$$V_l = E\left[\frac{1}{\operatorname{ch}R\sqrt{\frac{C}{L}}} - 4e^{-\frac{R}{L}t}\times\sum_0^\infty (-1)^n\frac{2R\sqrt{\frac{C}{L}}\sin\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}} + (2n+1)\pi\cos\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}}{(2n+1)^2\pi^2+4\frac{CR^2}{L}}\right]. \quad (22)$$

Pour se rendre compte de la valeur de V_l, il est nécessaire de sommer les séries, ce qui est aisé en employant les procédés que nous avons indiqués au paragraphe 4, à la suite de l'équation (18).

Nous trouvons ainsi, en partant des développements $\left(1-\frac{x}{l}\right)$ et de $\operatorname{sh}\left(1-\frac{x}{l}\right)$, que

$$4\operatorname{ch}R\sqrt{\frac{C}{L}}\sum_0^\infty \frac{(-1)^n(2n+1)\pi\cos\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}}{(2n+1)^2\pi^2+4\frac{CR^2}{L}}$$

$$= \operatorname{ch}\frac{R}{L}t \quad \text{de } t=0 \text{ à } t=\sqrt{CL},$$

$$= -\operatorname{ch}\left(\frac{R}{L}t-2R\sqrt{\frac{C}{L}}\right) \quad \text{de } t=\sqrt{CL} \text{ à } t=3\sqrt{CL},$$

$$= \operatorname{ch}\left(\frac{R}{L}t-4R\sqrt{\frac{C}{L}}\right) \quad \text{de } t=3\sqrt{CL} \text{ à } t=5\sqrt{CL},$$

$$= -\operatorname{ch}\left(\frac{R}{L}t-6R\sqrt{\frac{C}{L}}\right) \quad \text{de } t=5\sqrt{CL} \text{ à } t=7\sqrt{CL},$$

. . . . . .

tandis que

$$8R\sqrt{\frac{C}{L}}\operatorname{ch}R\sqrt{\frac{C}{L}}\sum_0^\infty \frac{(-1)^n\sin(2n+1)\frac{\pi t}{2\sqrt{CL}}}{(2n+1)^2\pi^2+4\frac{R^2C}{L}}$$

$$= \operatorname{sh}\frac{R}{L}t \quad \text{de } t=0 \text{ à } t=\sqrt{CL},$$

$$= -\operatorname{sh}\left(\frac{R}{L}t-2R\sqrt{\frac{C}{L}}\right) \quad \text{de } t=\sqrt{CL} \text{ à } t=3\sqrt{CL},$$

$$= \operatorname{sh}\left(\frac{R}{L}t-4R\sqrt{\frac{C}{L}}\right) \quad \text{de } t=3\sqrt{CL} \text{ à } t=5\sqrt{CL},$$

. . . . . .

De telle sorte que la tension à l'arrivée aura pour valeur

$$V_l = 0 \quad \text{de } t=0 \text{ à } t=\sqrt{CL},$$

$$V_l = \frac{E}{\operatorname{ch}R\sqrt{\frac{C}{L}}}\left(1+e^{-2R\sqrt{\frac{C}{L}}}\right) = 2Ee^{-R\sqrt{\frac{C}{L}}} \quad \text{de } t=\sqrt{CL} \text{ à } t=3\sqrt{CL},$$

$$V_l = \frac{E}{\operatorname{ch}R\sqrt{\frac{C}{L}}}\left(1-e^{-4R\sqrt{\frac{C}{L}}}\right) \quad \text{de } t=3\sqrt{CL} \text{ à } t=5\sqrt{CL},$$

$$V_l = \frac{E}{\operatorname{ch}R\sqrt{\frac{C}{L}}}\left(1+e^{-6R\sqrt{\frac{C}{L}}}\right) \quad \text{de } t=5\sqrt{CL} \text{ à } t=7\sqrt{CL},$$

. . . . . .

Digitized by Google

Nous retrouvons donc des résultats tout à fait analogues à ceux que nous avons signalés au paragraphe 4, avec la différence principale que l'amortissement est sensiblement plus rapide, car l'exposant négatif de l'exponentielle est double en moyenne de celui que nous avions au paragraphe 4 pour chacun des mêmes intervalles de temps.

Ces résultats sont reportés (courbe II) sur la figure (1) pour la même ligne qui a fait l'objet de la courbe I en admettant seulement que l'isolement ait baissé jusqu'à la valeur définie par l'équation (7).

L'espace hachuré entre les deux courbes est celui, très restreint d'ailleurs, dans lequel pourra se mouvoir la tension à l'arrivée lorsque l'isolement de la ligne prendra une valeur quelconque entre ces deux limites.

On voit que l'amortissement est très rapide. Pour que la surtension ne dépasse pas un dixième, par exemple, de la tension du régime permanent à l'arrivée, il suffit d'une durée $n\sqrt{CL}$ telle que

$$e^{-n\sqrt{\frac{C}{L}}} \leq \frac{1}{10},$$

ou

$$nR\sqrt{\frac{C}{L}} \geq \operatorname{Log}_e 10.$$

Dans le cas envisagé où

$$R\sqrt{\frac{C}{L}} = 0{,}1,$$

on devra avoir

$$n \geq 23,$$

et comme on a, d'ailleurs,

$$\sqrt{CL} = \frac{1}{3\,000},$$

le résultat sera obtenu au bout de $\frac{1}{130}$ de seconde.

Une remarque est encore à formuler en ce qui concerne ces courbes. La forme en escalier qu'elles manifestent provient de ce qu'on a supposé la tension E appliquée instantanément au départ de la ligne. Il n'en est pas ainsi dans la pratique, car les appareils au départ ont toujours une certaine self-inductance et le contact s'établit par un arc dont la résistance n'est pas négligeable, de telle sorte que, tout en étant extrêmement rapide, l'établissement de la tension sera progressif. Il en résulte que, dans la réalité, tous ces angles presque droits s'arrondiront et que la tension à l'arrivée aura un aspect rappelant à peu près celui d'une sinusoïde amortie, ou plutôt encore celui de certaines courbes de diffraction (1).

(1) Le fait que la ligne n'est reliée à la force électromotrice qu'à travers des appareils doués de résistance ou d'impédance a d'autres conséquences encore. Sans que ces conséquences paraissent assez primordiales pour qu'il soit indispensable de faire dès à présent l'étude complète de ce cas, il peut être intéressant d'en signaler brièvement deux.

Tout d'abord, le fait que la tension n est pas maintenue au départ de la ligne a pour résultat que la tension au départ subit, comme la tension à l'arrivée, des oscillations qui provoquent des surtensions passagères, et qui peuvent être du même ordre de grandeur que les surtensions à l'arrivée si l'impédance de l'appareil générateur est grande par rapport à celle de la ligne. Ce fait est très visible dans les diagrammes d'essais de M. Ch. David auxquels il sera fait allusion au début du paragraphe 7.

En second lieu, la self-inductance de l'appareil générateur interviendra concurremment avec celle de la ligne pour fixer les périodes propres d'oscillations du groupe (réseau, machines), en abaissant leur fréquence. Cet effet sera surtout marqué pour les fréquences les plus basses des oscillations propres.

VI. Ces indications pourraient suffire à déterminer ce qui se passera dans le cas général où l'isolement a une valeur quelconque. Il ne paraît cependant pas inutile de donner la valeur de la tension dans ce cas, qui ne présente plus de difficulté après l'examen des cas précédents.

Nous avons vu au paragraphe 5 qu'à l'origine des temps la tension a pour valeur

$$V = E\left[\frac{\operatorname{ch}\left(1-\frac{x}{l}\right)\sqrt{gR}}{\operatorname{ch}\sqrt{gR}} - 4\sum_{0}^{\infty}\frac{(2n+1)\pi \sin\frac{(2n+1)\pi x}{2l}}{(2n+1)^2\pi^2+4gR}\right].$$

Procédons comme au paragraphe 4. Posons

$$V = E\left[\frac{\operatorname{ch}\left(1-\frac{x}{l}\right)\sqrt{gR}}{\operatorname{ch}\sqrt{gR}} - 4\sum_{0}^{\infty}\frac{(2n+1)\pi f_n(t) \sin\frac{(2n+1)\pi x}{2l}}{(2n+1)^2\pi^2+4gR}\right],$$

et transportons dans l'équation (3). Nous obtiendrons

$$CL\frac{d^2 f_n}{dt^2} + (CR + gL)\frac{df_n}{dt} + gR + \frac{(2n+1)^2\pi^2}{4} = 0.$$

Par conséquent

$$f_n(t) = A_n e^{\alpha_n t} + A'_n e^{\alpha'_n t},$$

avec

$$(23)\quad \left\{\begin{matrix}\alpha_n \\ \alpha'_n\end{matrix}\right\} = -\frac{1}{2}\left(\frac{R}{L}+\frac{g}{C}\right) \pm \sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{R}{L}-\frac{g}{C}\right)^2 - \frac{(2n+1)^2\pi^2}{4CL}}.$$

Ces valeurs ne diffèrent des expressions (14) qu'en ce que le terme $\frac{g}{C}$ vient s'ajouter ou se retrancher du terme $\frac{R}{L}$, et les remarques que nous avons formulées au paragraphe 4 conservent leur valeur.

La fréquence des oscillations propres de la ligne sera égale à

$$(24)\quad \frac{2n+1}{4\sqrt{CL}}\sqrt{1 - \frac{\left(R\sqrt{\frac{C}{L}} - g\sqrt{\frac{L}{C}}\right)^2}{(2n+1)^2\pi^2}}.$$

Digitized by Google

On aura à prendre le développement en série de Fourier de

$$E \operatorname{ch}\left(1-\frac{x}{l}\right)\sqrt{gR} \quad \text{et} \quad E \operatorname{sh}\left(1-\frac{x}{l}\right)\sqrt{gR},$$

au lieu de celui de E, sans qu'il soit nécessaire de rappeler le détail de ces calculs donnés au paragraphe 5 et la tension à l'arrivée sera

$$(25) \qquad V_l = \frac{E}{\operatorname{ch}\sqrt{gR}}\left[1 - 4e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{R}{L}+\frac{g}{C}\right)t}\operatorname{ch}\sqrt{gR} \times \sum_{0}^{\infty}(-1)^n(2n+1)\pi\frac{\frac{g}{C}+\frac{R}{L}}{2\beta_n}\sin\beta_n t+\cos\beta_n t}{(2n+1)^2\pi^2+4gR}\right].$$

On voit immédiatement que cette valeur ne diffère de l'expression (18) que par le remplacement de $\frac{R}{L}$ par le groupe $\left(\frac{R}{L}+\frac{g}{C}\right)$ qui doit, en effet, se réduire à $\frac{R}{L}$ lorsque g s'annule, et que, par conséquent, toutes les considérations que nous avons énoncées restent valables sous réserve de cette modification. Les séries se sommeraient comme au paragraphe 5 dans le cas où $4gR$ est négligeable devant $(2n+1)^2\pi^2$, ce qui est le cas le plus général. Il n'y a pas d'intérêt à s'arrêter plus longuement sur cette question.

VII. On objectera peut-être que, le plus souvent, ce n'est pas une tension constante qu'on applique à la ligne, mais une tension périodique et qu'il n'est pas certain que les mêmes résultats soient obtenus dans ce cas.

L'objection paraît peu fondée, puisqu'il ne s'agit pas de rechercher les effets, bien élucidés, de la tension périodique en régime permanent, et que, d'autre part, le régime libre doit être indépendant de la forme de la tension. Il n'est cependant pas inutile de tirer la question complètement au clair.

Nous avons vu qu'il faut d'abord déterminer le régime permanent, puis développer en série de Fourier.

Passons rapidement sur la détermination du régime permanent qui est défini par les conditions

$$(26) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial^2 V_p}{\partial t^2} = -\omega^2 V_p, \\ \dfrac{\partial^2 I_p}{\partial t^2} = -\omega^2 I_p. \end{cases}$$

Mettons le potentiel au point x sous la forme

$$(27) \qquad V_p = E\sin(\omega t+\theta) = E\cos\theta\sin\omega t + E\sin\theta\cos\omega t,$$

où E et θ sont des fonctions de x seulement.

Au départ de la ligne, la tension sera $E_0\sin(\omega t+\theta_0)$, où E_0 est la tension donnée et où la phase θ_0 dépend du moment précis auquel se produit la fermeture de l'interrupteur. Nous avons, en effet, montré autrefois que cette fermeture peut se produire à peu près à un moment quelconque de la période, de telle sorte que la tension à la fermeture $E_0\sin\theta_0$ peut être beaucoup plus petite que E_0. Si cet élément n'a pas d'intérêt pour le régime permanent, il paraît nécessaire de le mettre en évidence pour l'étude du régime variable, dans lequel la durée de la surtension à l'arrivée par rapport à la tension de régime permanent peut être notablement inférieure à une période, au moins, de la fréquence fondamentale, en cas de lignes industrielles (1).

Posons encore, pour simplifier l'écriture,

$$(28) \qquad \begin{cases} Z^2 = R^2+\omega^2L^2, \\ S^2 = g^2+\omega^2C^2, \\ q^2 = \dfrac{ZS+gR-CL\omega^2}{2}, \\ q'^2 = \dfrac{ZS-gR+CL\omega^2}{2}. \end{cases}$$

Si nous transportons la valeur (27) de V dans l'équation (3), nous voyons bien facilement, sans développer des calculs assez compliqués de forme, mais trop connus pour qu'il soit utile d'y insister, qu'on obtient des expressions de la forme

$$E\cos\theta = e^{q\frac{x}{l}}\left(A\cos q'\frac{x}{l}+B\sin q'\frac{x}{l}\right)+e^{-q\frac{x}{l}}\left(A'\cos q'\frac{x}{l}+B'\sin q'\frac{x}{l}\right),$$

$$E\sin\theta = e^{q\frac{x}{l}}\left(A\sin q'\frac{x}{l}-B\cos q'\frac{x}{l}\right)+e^{-q\frac{x}{l}}\left(A'\sin q'\frac{x}{l}-B'\cos q'\frac{x}{l}\right),$$

dans lesquelles A, B, A', B' sont des constantes à déterminer au moyen des conditions initiales.

La première est la tension au départ ; elle donne

$$A + A' = E_0\cos\theta_0,$$
$$-B + B' = E_0\sin\theta_0.$$

La seconde est que le courant est nul en permanence à l'arrivée, ce qui revient à dire que $\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)$ doit être nul quel que soit t pour la valeur l de x, et que par conséquent, $\frac{d(E\cos\theta)}{dx}$ et $\frac{d(E\sin\theta)}{dx}$ doivent s'annuler séparément dans ces conditions. Ceci s'écrit, en passant quelques intermédiaires,

$$A(q\operatorname{ch}q\cos q'-q'\operatorname{sh}q\sin q')+B(q\operatorname{sh}q\sin q'+q'\operatorname{ch}q\cos q') = \frac{E_0e^{-q}}{2}[q\cos(q'-\theta_0)+q'\sin(q'-\theta_0)],$$

$$A(q\operatorname{sh}q\sin q'+q'\operatorname{ch}q\cos q')-B(q\operatorname{ch}q\cos q'-q'\operatorname{sh}q\sin q') = \frac{E_0e^{-q}}{2}[q'\cos(q'-\theta_0)-q\sin(q'-\theta_0)].$$

(1) L'importance de cet élément ressort clairement des essais effectués par M. Ch. David et exposés dans le *Bulletin de la Société internationale des Electriciens* (année 1905, p. 51 et suiv.)

Digitized by Google

On déduit de là les valeurs de A et B qui, après quelques réductions, peuvent s'écrire

$$A = \frac{E_0}{2} \times \frac{\cos(2q' - \theta_0) + e^{-2q}\cos\theta_0}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'},$$

$$B = \frac{E_0}{2} \times \frac{\sin(2q' - \theta_0) - e^{-2q}\sin\theta_0}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}.$$

Si l'on transporte ces valeurs dans les expressions de $E\cos\theta$ et $E\sin\theta$, on trouve, après quelques transformations,

$$(29)\quad \begin{cases} E\cos\theta = E_0 \dfrac{\left\{\begin{array}{l} \operatorname{ch} q\left(1-\frac{x}{l}\right)\cos q'\left(1-\frac{x}{l}\right)\left[e^{q}\cos(q'-\theta_0)+e^{-q}\cos(q'+\theta_0)\right] \\ +\operatorname{sh} q\left(1-\frac{x}{l}\right)\sin q'\left(1-\frac{x}{l}\right)\left[e^{q}\sin(q'-\theta_0)-e^{-q}\sin(q'+\theta_0)\right] \end{array}\right\}}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}, \\ E\sin\theta = E_0 \dfrac{\left\{\begin{array}{l} \operatorname{sh} q\left(1-\frac{x}{l}\right)\sin q'\left(1-\frac{x}{l}\right)\left[e^{q}\cos(q'-\theta_0)+e^{-q}\cos(q'+\theta_0)\right] \\ -\operatorname{ch} q\left(1-\frac{x}{l}\right)\cos q'\left(1-\frac{x}{l}\right)\left[e^{q}\sin(q'-\theta_0)-e^{-q}\sin(q'+\theta_0)\right] \end{array}\right\}}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}. \end{cases}$$

Posons, pour simplifier l'écriture,

$$(30)\quad \begin{cases} P = \dfrac{e^{q}\cos(q'-\theta_0)+e^{-q}\cos(q'+\theta_0)}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}, \\ P' = \dfrac{e^{q}\sin(q'-\theta_0)-e^{-q}\sin(q'+\theta_0)}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}. \end{cases}$$

Nous aurons très simplement

$$(29')\quad \begin{cases} E\cos\theta = E_0\left[P\operatorname{ch} q\left(1-\frac{x}{l}\right)\cos q'\left(1-\frac{x}{l}\right) + P'\operatorname{sh} q\left(1-\frac{x}{l}\right)\sin q'\left(1-\frac{x}{l}\right)\right], \\ E\sin\theta = E_0\left[P\operatorname{sh} q\left(1-\frac{x}{l}\right)\sin q'\left(1-\frac{x}{l}\right) - P'\operatorname{ch} q\left(1-\frac{x}{l}\right)\cos q'\left(1-\frac{x}{l}\right)\right]. \end{cases}$$

Dans le cas où θ_0 est nul (fermeture sur tension nulle), on a

$$P = \frac{2\cos q'\operatorname{ch} q}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'},$$

$$P' = \frac{2\operatorname{sh} q\sin q'}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}.$$

Au contraire, dans le cas de fermeture au moment du maximum de la tension, on a

$$P = \frac{2\operatorname{sh} q\sin q'}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'},$$

$$P' = \frac{-2\operatorname{ch} q\cos q'}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'};$$

il y a simplement inversion entre P et P' avec changement de signe de P'.

D'autre part,

$$(31)\quad \operatorname{tang}\theta = \frac{\operatorname{th} q\left(1-\frac{x}{l}\right)\operatorname{tang} q'\left(1-\frac{x}{l}\right) - \frac{P'}{P}}{1 + \frac{P'}{P}\operatorname{th} q\left(1-\frac{x}{l}\right)\operatorname{tang} q'\left(1-\frac{x}{l}\right)},$$

et si nous posons

$$\operatorname{tang}\psi = \operatorname{th} q\left(1-\frac{x}{l}\right)\operatorname{tang} q'\left(1-\frac{x}{l}\right),$$

$$\operatorname{tang}\psi_0 = \operatorname{th} q\operatorname{tang} q',$$

nous aurons

$$\frac{P'}{P} = \operatorname{tang}(\psi_0 - \theta_0)$$

et finalement

$$(31')\quad \theta = \theta_0 + \psi - \psi_0 + K\pi$$

où K est un nombre entier quelconque.

» De (29') on tire d'ailleurs très facilement

$$(32)\quad E = E_0\sqrt{\frac{\operatorname{ch} 2q\left(1-\frac{x}{l}\right) + \cos 2q'\left(1-\frac{x}{l}\right)}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}},$$

de sorte que V_p a simplement pour expression

$$(33)\quad V_p = E_0\sqrt{\frac{\operatorname{ch} 2q\left(1-\frac{x}{l}\right) + \cos 2q'\left(1-\frac{x}{l}\right)}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}}\sin(\omega t + \theta_0 + \psi - \psi_0),$$

Digitized by Google

ce qui montre que, comme on devait s'y attendre, θ_0 n'intervient pas dans le régime permanent.

A l'arrivée, nous aurons simplement

$$E_l = E_0 \sqrt{\frac{2}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}}, \tag{34}$$

$$\operatorname{tang} \psi_l = 0,$$

$$\theta_l = \theta_0 - \psi_0 + K\pi. \tag{35}$$

Sans faire une étude approfondie de ce régime permanent, qui a suscité déjà de nombreux travaux, nous constatons une différence fondamentale avec les cas précédents. Dans ces cas, en effet, la tension à l'arrivée est égale en régime permanent soit à E, soit à $\frac{E}{\operatorname{ch}\sqrt{gR}}$ qui ne peut être supérieur à E; ici, au contraire, on peut avoir à l'arrivée une tension supérieure à la tension au départ. Il suffit pour cela que

$$\operatorname{ch} 2q + \cos 2q' < 2,$$

ce qui peut s'écrire

$$\operatorname{ch} 2q - 1 < 1 - \cos 2q',$$
$$2 \operatorname{sh}^2 q < 2 \sin^2 q'$$

ou enfin

$$\operatorname{sh} q < \sin q'.$$

Il semble même, au premier abord, que la tension à l'arrivée puisse croître au delà de toutes limites, puisque $\cos 2q'$ peut atteindre la valeur (-1). Mais il faudrait avoir simultanément

$$\operatorname{ch} 2q = 1,$$

ce qui exigerait que q s'annule, et par conséquent que

$$ZS = CL\omega^2 - gR,$$

ou

$$(R^2 + \omega^2 L^2)(g^2 + \omega^2 C^2) = (CL\omega^2 - gR)^2,$$

ou enfin

$$(CR + gL)^2 = 0,$$

ce qui est impossible, à moins que la ligne ne soit privée de l'un de ses éléments essentiels.

La tension ne peut donc croître indéfiniment à l'arrivée, mais elle peut croître considérablement, car lorsque $\cos 2q'$ prend la valeur (-1), on a

$$E_l = E_0 \sqrt{\frac{2}{\operatorname{ch} 2q - 1}} = \frac{E_0}{\operatorname{sh} q} \tag{36}$$

et q sera généralement assez petit.

Dans le cas de l'égalité (7), où les valeurs de q et q' sont particulièrement simples,

$$q = R\sqrt{\frac{C}{L}},$$
$$q' = \omega\sqrt{CL}.$$

Nous avons vu précédemment que q n'atteignait que la valeur 0,1 pour des lignes déjà longues. Dans ce cas, la tension décuplera à l'arrivée pour les pulsations ayant pour valeur

$$\omega\sqrt{CL} = \left(K + \frac{1}{2}\right)\pi.$$

Pour la ligne aérienne de 100 km considérée précédemment, les fréquences ainsi envisagées auront pour valeur

$$\left(K + \frac{1}{2}\right) 1\,500,$$

et ne correspondront, par conséquent, qu'à des harmoniques d'ordre très élevé de la fréquence fondamentale.

On pourrait être tenté de déduire de (36) que la surtension à l'arrivée sera d'autant plus élevée que la ligne sera plus courte, puisque q est proportionnel à l, toutes choses égales d'ailleurs. Il n'en est pas ainsi parce que $\cos 2q'$ conservera en ce cas une valeur beaucoup plus importante; cette valeur ne pourrait, dans le cas des lignes courtes, descendre jusqu'à (-1) que pour des valeurs très élevées de la fréquence, tout à fait en dehors des harmoniques dangereux des fréquences industrielles, ou même assez élevées dans certains cas pour que la mise en équation ne s'applique plus qu'à certaines réserves.

Lorsque l'isolement est considéré comme parfait, on a

$$S = \omega C,$$
$$2q^2 = C\omega(Z - \omega L),$$
$$2q'^2 = C\omega(Z + \omega L),$$

et la discussion dépend de l'ordre de grandeur relatif de R et de ωL. Mais ces phénomènes ont été amplement discutés déjà, et il ne paraît pas utile de s'y appesantir.

VIII. Il s'agit de développer ce régime permanent en série de Fourier, par les procédés habituels. Les calculs nécessaires, qui ne donnent lieu à aucune difficulté réelle, sont toutefois un peu compliqués d'écriture, de sorte que nous éviterons de donner tout au long les transformations intermédiaires.

Si nous nous reportons aux expressions (29'), nous voyons que nous avons à développer en série les expressions

$$\operatorname{ch} q\left(1 - \frac{x}{l}\right) \cos q'\left(1 - \frac{x}{l}\right)$$

et

$$\operatorname{sh} q\left(1 - \frac{x}{l}\right) \sin q'\left(1 - \frac{x}{l}\right).$$

Les séries que nous obtiendrons auront respectivement les valeurs précédentes dans l'intervalle de 0 à $2l$ et les mêmes valeurs changées de signes, avec

Digitized by Google

$\left(1+\frac{x}{l}\right)$ comme variable au lieu de $\left(1-\frac{x}{l}\right)$ dans l'intervalle de $-2l$ à o. Ces séries ont les valeurs suivantes :

$$(37)\quad \mathrm{ch}q\left(1-\frac{x}{l}\right)\cos q'\left(1-\frac{x}{l}\right)=\sum_0^\infty \frac{(2n+1)\pi}{\left[\frac{(2n+1)^2}{4}\pi^2+gR-CL\omega^2\right]^2+\omega^2(CR+gL)^2}$$
$$\times\left\{\left[\frac{(2n+1)^2\pi^2}{4}+gR-CL\omega^2\right]\mathrm{ch}q\cos q'+\omega(gL+CR)\mathrm{sh}q\sin q'\right\}\sin\frac{(2n+1)\pi x}{2l},$$

et

$$(38)\quad \mathrm{sh}q\left(1-\frac{x}{l}\right)\sin q'\left(1-\frac{x}{l}\right)=\sum_0^\infty \frac{(2n+1)\pi}{\left[\frac{(2n+1)^2\pi^2}{4}+gR-CL\omega^2\right]^2+\omega^2(CR+gL)^2}$$
$$\times\left\{\left[\frac{(2n+1)^2\pi^2}{4}+gR-CL\omega^2\right]\mathrm{sh}q\sin q'-\omega(gL+CR)\mathrm{ch}q\cos q'\right\}\sin\frac{(2n+1)\pi x}{2l}.$$

Transportons ces valeurs dans les équations (29'), il vient après quelques réductions

$$(39)\quad \begin{cases} E\cos\theta=E_0\sum_0^\infty(2n+1)\pi\dfrac{\left[\frac{(2n+1)^2\pi^2}{4}+gR-CL\omega^2\right]\cos\theta_0+\omega(gL+CR)\sin\theta_0}{\left[\frac{(2n+1)^2\pi^2}{4}+gR-CL\omega^2\right]^2+\omega^2(gL+CR)^2}\sin\dfrac{(2n+1)\pi x}{2l}, \\ E\sin\theta=E_0\sum_0^\infty(2n+1)\pi\dfrac{\left[\frac{(2n+1)^2\pi^2}{4}+gR-CL\omega^2\right]\sin\theta_0-\omega(gL+CR)\cos\theta_0}{\left[\frac{(2n+1)^2\pi^2}{4}+gR-CL\omega^2\right]^2+\omega^2(gL+CR)^2}\sin\dfrac{(2n+1)\pi x}{2l}, \end{cases}$$

et, par conséquent,

$$(40)\quad V_p=E_0\sum_0^\infty(2n+1)\pi\frac{\left[\frac{(2n+1)^2\pi^2}{4}+gR-CL\omega^2\right]\sin(\omega t+\theta_0)-\omega(CR+gL)\cos(\omega t+\theta_0)}{\left[\frac{(2n+1)^2\pi^2}{4}+gR-CL\omega^2\right]^2+\omega^2(gL+CR)^2}\times\sin\frac{(2n+1)\pi x}{2l}.$$

Si nous posons, pour simplifier l'écriture,

$$(41)\quad \begin{cases} D_{2n+1}\cos\hat{\varepsilon}_{2n+1}=\dfrac{(2n+1)^2\pi^2}{4}+gR-CL\omega^2, \\ D_{2n+1}\sin\hat{\varepsilon}_{2n+1}=\omega(CR+gL). \end{cases}$$

nous aurons finalement

$$(40')\quad V_p=E_0\sum_0^\infty(2n+1)\pi\frac{\sin(\omega t+\theta-\hat{\varepsilon}_{2n+1})}{D_{2n+1}}\sin\frac{(2n+1)\pi x}{2l},$$

ce qui est un résultat remarquablement simple.

IX. Nous pouvons maintenant déterminer le régime variable. Il n'y aurait aucune difficulté à effectuer cette détermination dans le cas général ; mais cela ne présente pas grand intérêt et nous nous bornerons, dans un but de simplification, à envisager le cas de l'équation (7).

Dans ces conditions, tout ce qui a été dit au paragraphe 3 reste applicable, puisqu'il n'y a été préjugé en rien de la forme de la tension au départ, et nous aurons encore

$$(42)\quad \begin{cases} V_1=2\sum_0^\infty A_{2n+1}\sin\dfrac{(2n+1)\pi x}{2l}\cos\left[\dfrac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}-\psi_{2n+1}\right], \\ I_1=-2\sqrt{\dfrac{C}{L}}\sum_0^\infty A_{2n+1}\cos\dfrac{(2n+1)\pi x}{2l}\sin\left[\dfrac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}-\psi_{2n+1}\right]. \end{cases}$$

A l'origine des temps, V_1 sera le développement changé de signe de V_p tel qu'il est donné par l'équa-

Digitized by Google

tion (40'), et il en sera de même de I_1, ce qui nous oblige à déterminer le développement de I_p en série de Fourier. Le développement résulte d'ailleurs immédiatement de la comparaison des équations (1), (26) et (40'), de laquelle on déduit

$$(42)\qquad Z^2 I_p = E_0 \sum_0^\infty (2n+1)^2\pi^2 \frac{\omega L \cos(\omega t + \theta_0 - \varepsilon_{2n+1}) - R\sin(\omega t + \theta_0 - \varepsilon_{2n+1})}{2D_{2n+1}} \times \cos\frac{(2n+1)\pi x}{2l},$$

et, par conséquent, en annulant le temps,

$$(43)\qquad \begin{cases} 2A_{2n+1}\cos\psi_{2n+1} = E_0 \dfrac{(2n+1)\pi\sin(\theta_0-\varepsilon_{2n+1})}{D_{2n+1}}, \\ 2\sqrt{\dfrac{C}{L}}A_{2n+1}\sin\psi_{2n+1} = E_0\dfrac{(2n+1)^2\pi^2[\omega L\cos(\theta_0-\varepsilon_{2n+1}) - R\sin(\theta_0-\varepsilon_{2n+1})]}{2Z^2D_{2n+1}}. \end{cases}$$

D'où l'on déduit finalement

$$(44)\qquad V = E_0\sqrt{\frac{\operatorname{ch}2q\left(1-\frac{x}{l}\right)+\cos 2q'\left(1-\frac{x}{l}\right)}{\operatorname{ch}2q+\cos 2q'}}\sin(\omega t+\theta_0+\psi-\psi_0)$$
$$-E_0e^{-\frac{R}{L}t}\sum_0^\infty\left\{\frac{(2n+1)\pi\sin(\theta_0-\varepsilon_{2n+1})\cos\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}}{D_{2n+1}}+\frac{(2n+1)^2\pi^2[\omega L\cos(\theta_0-\varepsilon_{2n+1})-R\sin(\theta_0-\varepsilon_{2n+1})]\sin\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}}{2Z^2\sqrt{\frac{C}{L}}D_{2n+1}}\right\}$$
$$\times\sin\frac{(2n+1)\pi x}{2l}.$$

La tension à l'arrivée se présente sous la forme un peu plus simple

$$(45)\qquad V_c = E_0\sqrt{\frac{2}{\operatorname{ch}2q+\cos 2q'}}\sin(\omega t+\theta_0-\psi_0) - E_0e^{-\frac{R}{L}t}\sum_0^\infty\frac{(-1)^n(2n+1)\pi}{D_{2n+1}}$$
$$\times\left[\sin(\theta_0-\varepsilon_{2n-1})\cos\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}+\frac{(2n+1)\pi}{2Z^2\sqrt{\frac{C}{L}}}\omega L\cos(\theta_0-\varepsilon_{2n-1})\sin\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}-\frac{(2n+1)\pi}{2Z^2\sqrt{\frac{C}{L}}}R\sin(\theta_0-\varepsilon_{2n-1})\sin\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}\right].$$

Il ne reste plus qu'à sommer les séries, en prenant d'abord l'intervalle qui correspond à celui de o à $2l$ et qui est, comme nous l'avons vu au paragraphe 4, à la suite de l'équation (18), de $-\sqrt{CL}$ à $+\sqrt{CL}$.

Opérons comme nous venons de le rappeler, et nous obtiendrons, après une série de réductions successives,

$$(\operatorname{ch}2q+\cos 2q')\sum_0^\infty\frac{(2n+1)\pi}{D_{2n+1}}(-1)^n\cos\varepsilon_{2n+1}\cos\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}$$
$$=\left[\operatorname{ch}q\left(\frac{t}{\sqrt{CL}}+1\right)\cos q'\left(\frac{t}{\sqrt{CL}}-1\right)+\operatorname{ch}q\left(\frac{t}{\sqrt{CL}}-1\right)\cos q'\left(\frac{t}{\sqrt{CL}}+1\right)\right],$$

$$(\operatorname{ch}2q+\cos 2q')\sum_0^\infty\frac{(2n+1)\pi}{D_{2n+1}}(-1)^n\sin\varepsilon_{2n+1}\cos\frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}$$
$$=\left[-\operatorname{sh}q\left(\frac{t}{\sqrt{CL}}+1\right)\sin q'\left(\frac{t}{\sqrt{CL}}-1\right)-\operatorname{sh}q\left(\frac{t}{\sqrt{CL}}-1\right)\sin q'\left(\frac{t}{\sqrt{CL}}+1\right)\right].$$

Digitized by Google

$$(\operatorname{ch} 2q + \cos 2q') \sum_{0}^{\infty} \frac{(2n+1)^2\pi^2}{2D_{2n+1}} (-1)^n \cos\delta_{2n+1} \sin \frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}$$
$$= \left[-q \operatorname{sh} q \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} + 1\right) \cos q' \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} - 1\right) - q \operatorname{sh} q \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} - 1\right) \cos q' \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} + 1\right) \right.$$
$$\left. + q' \operatorname{ch} q \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} + 1\right) \sin q' \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} - 1\right) + q' \operatorname{ch} q \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} - 1\right) \sin q' \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} + 1\right) \right].$$

$$(\operatorname{ch} 2q + \cos 2q') \sum_{0}^{\infty} \frac{(2n+1)^2\pi^2}{2D_{2n+1}} (-1)^n \sin\delta_{2n+1} \sin \frac{(2n+1)\pi t}{2\sqrt{CL}}$$
$$= \left[q \operatorname{ch} q \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} + 1\right) \sin q' \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} - 1\right) + q \operatorname{ch} q \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} - 1\right) \sin q' \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} + 1\right) \right.$$
$$\left. + q' \operatorname{sh} q \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} + 1\right) \cos q' \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} - 1\right) + q' \operatorname{sh} q \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} - 1\right) \cos q' \left(\frac{t}{\sqrt{CL}} - 1\right) \right].$$

Il est d'ailleurs facile de vérifier que toutes ces séries se reproduisent avec simple changement de signe chaque fois que t augmente ou diminue de $2\sqrt{CL}$.

Il ne reste plus qu'à substituer dans (45) en effectuant les importantes réductions qui se présentent, et l'on obtient, pour valeur des séries infinies de l'équation (45),

$$\frac{e^{-\frac{R}{L}t}}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'} \left(e^{R\sqrt{\frac{C}{L}}} \sin\omega\left(t - \sqrt{CL}\right) + \theta_0 \right) + e^{-R\sqrt{\frac{C}{L}}} \sin\omega\left(t + \sqrt{CL}\right) + \theta_0 \Big).$$

Nous avons d'ailleurs

$$\sin\psi_0 = \sqrt{\frac{2}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}} \operatorname{sh} R\sqrt{\frac{C}{L}} \sin\omega\sqrt{CL},$$

$$\cos\psi_0 = \sqrt{\frac{2}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}} \operatorname{ch} R\sqrt{\frac{C}{L}} \cos\omega\sqrt{CL},$$

ce qui permet de transformer cette expression en la suivante :

$$e^{-\frac{R}{L}t} \sqrt{\frac{2}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}} \sin\left(\omega t + \theta_0 - \psi_0\right),$$

de telle sorte qu'en reportant cette valeur dans l'équation (45) et en tenant compte des intervalles de temps successifs, nous obtenons pour la tension à l'arrivée les résultats suivants :

$$V_l = 0 \qquad \text{de } t = 0 \text{ à } t = \sqrt{CL},$$

$$V_l = E_0 \left(1 + e^{-2R\sqrt{\frac{C}{L}}}\right) \sqrt{\frac{2}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}} \sin\left(\omega t + \theta_0 - \psi_0\right) \quad \text{de } t = \sqrt{CL} \text{ à } t = 3\sqrt{CL},$$

$$V_l = E_0 \left(1 - e^{-3R\sqrt{\frac{C}{L}}}\right) \sqrt{\frac{2}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}} \sin\left(\omega t + \theta_0 - \psi_0\right) \quad \text{de } t = 3\sqrt{CL} \text{ à } t = 5\sqrt{CL},$$

$$V_l = E_0 \left(1 + e^{-5R\sqrt{\frac{C}{L}}}\right) \sqrt{\frac{2}{\operatorname{ch} 2q + \cos 2q'}} \sin\left(\omega t + \theta_0 - \psi_0\right) \quad \text{de } t = 5\sqrt{CL} \text{ à } t = 7\sqrt{CL},$$

. . . . . .

Si l'on compare ces résultats à ceux que nous avons obtenus au paragraphe 5, on voit immédiatement que, pendant le régime variable, la tension de régime permanent est modifiée identiquement de la même manière dans les deux cas, ainsi que nous l'avions supposé. Il y a lieu cependant de noter l'intervention, sous le signe sin seulement, de la phase θ_0 qui, étant donnée la petitesse de l'intervalle de temps $\sqrt{CL}$, aura pour résultat de limiter notablement la valeur de la tension à l'arrivée, toutes les fois que θ_0 sera notablement en dessous de $\frac{\pi}{2}$. De même, la phase ψ_0 aura le plus souvent pour résultat de réduire la valeur de la surtension. Il résulte évidemment de là qu'il est inutile de reprendre ce calcul dans le cas général et que le fait que la tension au départ est sinusoïdale, ou périodique quelconque, ne modifie pas, en ce qui concerne la période variable envisagée en fonction du régime permanent, les résultats obtenus avec une tension constante au départ.

X. *Conclusion.* — En dehors des cas où le régime permanent serait dangereux, cas qui ne sont pas à envi-

Digitized by Google

sager puisqu'ils ne seraient pas tolérables en exploitation, le régime variable a pour effet d'augmenter temporairement la tension à l'arrivée, à circuit ouvert. La tension peut arriver à être presque doublée pour les lignes courtes, mais la durée du régime variable est alors extrêmement faible ; pour les lignes longues, le régime variable dure plus longtemps, mais l'augmentation de tension est moindre, de telle sorte qu'il semble évident que l'opération de fermeture d'un interrupteur sur une ligne en bon état, à circuit ouvert, n'est pas dangereuse par elle-même.

Il pourrait en être autrement s'il y avait des appareils (condensateurs, bobines ou autres) en ligne, mais il s'agit alors d'un cas plus compliqué qui nécessite de nouvelles études.

E. Brylinski.

Revues, analyses et informations

Comité électrotechnique français.

Séance du 6 décembre 1917.

La séance est ouverte à 14 h. 30 sous la présidence de M. R.-V. Picou, président du Comité.

Etaient présents : MM. Blondin, Bochet, Boucherot, Brocq, Brylinski, Cordier, David, Desroziers, Drouin, Eschwege, Guittard, Hillairet, Janet, Labour, Larnaude, Legouez, Meyer (M.), Perrin, Picou, Roux, Sée, Zetter.

Excusés : MM. Archambault de Vinçay, Berthelot, Fontaine, Guilbert, Laporte, Paré, Pouquet, Rey.

1. Le procès-verbal de la dernière séance est adopté sans observation (1).

2. M. le Président expose que la séance, qui devait avoir lieu statutairement en novembre, s'est trouvée retardée par les difficultés matérielles de l'imprimerie qui n'a pu donner plus tôt les épreuves jointes à la convocation.

Ces épreuves, qui comprenaient les *règles d'unification pour les machines électriques*, les *conditions techniques de la production et la transmission de l'énergie électrique* et les *spécifications pour câbles armés isolés au papier imprégné*, ont été envoyées à tous les membres qui doivent les présenter, pour ratification, aux sociétés dont ils sont les mandataires. Conformément à une décision prise à la séance de janvier 1917, le Comité doit indiquer un délai passé lequel, en l'absence d'observations propres à provoquer un nouvel examen, le texte sera publié et mis en vigueur.

Le Comité fixe ce délai à trois mois.

3. *Avis à donner au ministre des Travaux publics sur l'unification éventuelle de la nature du courant et des tensions dans les distributions à concéder dans l'avenir.* — M. le Président informe le Comité qu'il a reçu du ministère une demande d'avis sur cette question.

Après une discussion, à laquelle prennent particulièrement part MM. Boucherot, Brylinski, Cordier, Eschwege, Guittard, Legouez, Meyer, Picou et Sée, il est décidé que les membres du Comité saisiront les sociétés dont ils sont les mandataires et provoqueront leurs avis qui seront discutés dans la prochaine séance du Comité.

4. *Unification des filetages des culots et supports à vis de lampes à incandescence.* — M. le Président présente au Comité le projet d'unification établi par M. Zetter pour l'Union des Syndicats de l'Électricité, projet dont les conclusions ont été adoptées par le Comité de l'Union dans sa séance du 7 novembre 1917.

M. le Président propose d'imprimer ces conclusions pour les soumettre au Comité.

Cette proposition est adoptée par le Comité qui vote le crédit nécessaire.

5. *Situation financière.* — M. le Président donne un résumé de la situation financière.

6. *Renouvellement du bureau du Comité.* — En demandant de procéder au renouvellement, M. le Président informe le Comité qu'il n'accepterait pas un nouveau renouvellement de son mandat.

Malgré la vive insistance de tous les membres, M. Picou persiste dans sa résolution.

Le Comité décide alors de remettre à une séance ultérieure la nomination du président et maintient à l'unanimité, dans leurs fonctions, les autres membres du bureau.

7. *Nomination des délégués à la Commission électrotechnique internationale.* — L'état de guerre empêchant les membres mobilisés de participer à des réunions internationales, le Comité décide de surseoir à la nomination de délégués à la Commission et à son Conseil.

8. *Renouvellement partiel du Comité.* — M. le Président donne lecture des noms des membres sortants.

9. *Signes conventionnels pour cartes et schémas d'installations.* — Le Comité ouvre un crédit pour la préparation des documents nécessaires à cette étude.

La séance est levée à 15 h. 15.

(1) Voir *R. G. E.*, 11 août 1917, t. II, p. 210.

Instruments de mesure du courant à loi de déviation parabolique (1).

Dans les instruments de mesure de la tension ou de l'intensité du courant, ou bien la déviation est à peu près proportionnelle à l'intensité du courant qui traverse l'instrument, ou bien elle croit avec le carré de cette intensité. Par suite, il existe deux catégories d'instruments : le galvano-

(1) Wertheim Salomonson, *Electrician*, 7 septembre 1917, t. LXXIX, p. 901, 1000 mots.

Digitized by Google

mètre ordinaire à cadre ou à aimant mobile, qui appartient au groupe d'instruments dont la loi de déviation est linéaire ; l'électrodynamomètre qui est le prototype du deuxième groupe où intervient une formule du deuxième degré.

Si les parties mobiles des deux instruments appartenant chacun à une catégorie différente sont couplées mécaniquement, les axes de rotation étant amenés à coïncider, et si on envoie le même courant à travers les deux instruments en ayant soin que les constituants de la partie mobile se meuvent en sens contraire, on obtient un type de nouvel instrument présentant certaines particularités qu'on ne trouve dans aucune des parties constituantes.

Si I est l'intensité du courant, φ la déviation, a la constante du galvanomètre, b celle du dynamomètre, on peut écrire

$$I = a\varphi \quad \text{et} \quad I = b\sqrt{\varphi}$$

lorsque les parties constituantes sont considérées séparément.

Si elles sont couplées on obtient

$$\varphi = \frac{I}{a} - \frac{I^2}{b^2},$$

c'est l'équation de la parabole.

Il est évident qu'il n'y a pas de déviation quand on a $I = 0$ ou $I = \frac{b^2}{a}$.

Si on appelle positive la direction du mouvement du système mobile quand la partie dynamométrique a été court-circuitée, on trouve qu'une déviation positive maximum a lieu quand $I = \frac{b^2}{2a}$, la déviation étant $\varphi = \frac{b^2}{4a^2}$.

Pour toute intensité comprise entre $I = 0$ et $I = \frac{b^2}{a}$, la déviation est positive, toute intensité supérieure à $I = \frac{b^2}{a}$ donne une déviation négative.

Pour un courant très faible, on a une sensibilité égale à a, ce qui veut dire qu'un courant $I = a$ donne une déviation égale à une division de l'échelle. Près de la seconde position d'équilibre un accroissement de courant de $-a$ ou une diminution de $+a$ produit une augmentation positive de la déviation ou une diminution négative d'une division de l'échelle. La sensibilité absolue de l'instrument est la même dans la première ou dans la deuxième position du zéro.

La sensibilité relative, c'est-à-dire le rapport de l'accroissement du courant produisant une augmentation de la déviation d'une division de l'échelle avec l'intensité de courant, approche de 0 près de la première position du zéro, dans la seconde position du zéro elle est $\frac{b^2}{2a^2}$ qui est en général un chiffre très élevé.

On ne peut utiliser que de très petites parties de la parabole dans la plupart des cas.

Dans un instrument de ce genre, la condition essentielle à réaliser est une sensibilité relative très grande aux environs de la seconde position du zéro. Par exemple on choisira un instrument qui donne une déviation totale de l'échelle pour un courant de 10 m A et qui occupe sa seconde position du zéro pour 1 A ; dans ce cas, un changement de 1 pour 100 seulement dans l'intensité du courant amène le spot à quitter l'échelle.

Il y a plusieurs années, l'auteur a construit un instrument très simple. Il lui servait à vérifier si le courant dans un potentiomètre demeurait constant durant les mesures, ainsi il n'était pas obligé de corriger les lectures du potentiomètre au moyen de l'élément Weston. A ce point de vue l'indicateur parabolique était très utile. On peut facilement donner à un tel instrument n'importe quelle sensibilité relative ou absolue. Un shunt disposé sur le galvanomètre diminue la sensibilité relative ; s il est placé sur le dynamomètre il l'accroit. Un shunt mis en dérivation sur l'instrument complet accroit l'intensité du courant pour la seconde position du zéro.

On pourrait s'attendre à ce qu'un instrument parabolique constitue un excellent instrument étalon. Mais quelques objections se présentent à ce sujet. Si le dynamomètre est construit avec deux bobines mobiles astatiques, on peut le considérer comme électriquement constant et invariable ; mais on ne peut pas réussir à rendre le galvanomètre électriquement et mécaniquement constant et invariable. S'il est constitué par un cadre mobile et un champ magnétique constant, ce dernier ne peut être considéré comme électriquement constant pour une durée supérieure à quelques heures. Avec un aimant mobile s'ajoute un facteur inconstant, le magnétisme terrestre étant différent. L'intensité horizontale du magnétisme terrestre change chaque année de plus de 0,01 à 0,03 pour 100 et restreint l'utilité d'un instrument étalon à cette valeur.

L'instrument à loi de déviation parabolique peut être utilisé pour déceler ou mesurer de petites variations dans l'intensité horizontale du magnétisme terrestre. Un système électrodynamométrique astatique peut être relié à une bobine dépourvue de noyau de fer se mouvant seulement dans le champ terrestre où il n'y a pas de champ magnétique. Dans ce cas, la constante a dépend de l'intensité horizontale du champ terrestre. Le galvanomètre peut alors posséder une sensibilité plusieurs fois supérieure à celle de l'électrodynamomètre.

A. B.

Relations internes dans les récepteurs radiotélégraphiques du type audion [1].

On sait que le détecteur du type audion consiste en une ampoule de verre où l'on a fait le vide et qui porte trois électrodes : une cathode incandescente, source d'électrons, constituée habituellement par un filament de tungstène ; une plaque métallique froide située au voisinage de la cathode et maintenue à un potentiel positif élevé par rapport à la cathode, et, interposée entre les deux, une grille métallique. — Des modifications ont été proposées par différents auteurs, mais aucune ne s'écarte d'une manière radicale du principe fondamental qui est le réglage du courant thermo-ionique entre les deux électrodes grâce au potentiel électrique d'une troisième électrode. — L'auteur a porté son attention sur l'influence du gaz résiduel dans l'ampoule du type audion habituel. Il en présente une théorie qui rend compte des courbes obtenues et est en accord avec toutes les observations. Il discute quelques-unes des particularités du fonctionnement en ce qui concerne l'influence de la nature et de la pression du gaz, des champs magnétiques, des circuits utilisés, etc.

A. B.

[1] Ralph Bown. *Physical Review*, septembre 1917, 2e série, t. x, p. 253-265, 5 400 mots, 8 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

La distillation de la houille et l'utilisation directe au chauffage du goudron et du brai

Influence sur la conception future des stations centrales

Etant données les économies de combustibles que nous avons intérêt à réaliser dans la plus grande mesure possible, actuellement surtout, l'auteur signale les efforts faits en Angleterre, en Suisse et en Allemagne pour tirer le maximum de rendement de l'énergie calorifique de la houille. Il préconise les avantages qu'on peut trouver à ne plus utiliser la houille brute, mais à distiller tous les charbons susceptibles de l'être. Il signale qu'actuellement, grâce à l'emploi des brûleurs spéciaux Oméga, on peut employer directement comme combustible le goudron et le brai.

Bien avant la guerre, les grands charbonnages allemands et belges et quelques sociétés houillères du nord de la France s'étaient résolument orientés dans la voie de la cokéification de la plus grande partie de leur extraction. L'utilisation si avantageuse des sous-produits de la houille, goudrons et leurs dérivés, huiles lourdes, ammoniaque et gaz combustibles, commençait, déjà avant 1914, ainsi que le signale V. Cambon dans son ouvrage intitulé « les derniers progrès de l'Allemagne », à faire envisager comme une barbarie la combustion de la houille brute.

La guerre avec ses nécessités n'a fait qu'accentuer cette opinion, surtout en France et en Italie, ces deux pays ayant le plus grand intérêt à utiliser au mieux le charbon qu'ils ont à leur disposition : dans le présent, pour faire face aux nécessités actuelles; dans l'avenir, pour leur permettre de tenir leur place dans l'évolution économique de l'après-guerre.

J'ai eu l'occasion, quelques années avant la guerre, de visiter plusieurs installations de fours à coke installés par les grandes houillères du bassin allemand de la Ruhr et j'ai pu constater avec quel soin et quelle méthode ces installations avaient été conçues dans le but de tirer toute l'énergie calorifique du combustible ainsi que tous les éléments chimiques qu'il contient.

On réalisait dans ces installations :

1° La condensation des gaz de houille qui permet de recueillir séparément le brai, le goudron, les huiles lourdes et les huiles légères.

2° La distillation du goudron qui permet de séparer :

a) Toute une série d'huiles légères dont le poids spécifique reste inférieur à 0,95; ce sont le benzène, le toluène, le xylène, etc.;

b) Toute une série d'huiles moyennes, de poids spécifique compris entre 0,95 et 1,02 (entre 170° et 230°);

c) Les huiles lourdes avec une densité de 1,02 à 1,06; la dernière huile que l'on extrait à 350° environ est l'anthracène, huile très lourde, de poids spécifique variant de 1,06 à 1,11.

Le résidu ou brai, qui est solide à la température ordinaire, contient toute une série de dérivés liquides plus lourds encore; leur séparation est toutefois difficile; le brai se décompose, en effet, à la température de distillation et donne naissance à des masses dures qui s'opposent au dégagement des vapeurs. Le brai contient souvent jusqu'à 40 pour 100 de charbon pur.

3° On recueille l'ammoniaque qu'on unit à l'acide sulfurique pour former du sulfate d'ammonium, un engrais précieux pour l'agriculture.

4° Les gaz hydrocarburés non condensables sont utilisés en partie pour chauffer les fours à coke ou des chaudières à vapeur, en partie pour alimenter des moteurs à gaz actionnant des machines électriques qui permettent de distribuer de l'énergie à grande distance. L'utilisation des gaz de fours à coke dans des moteurs est actuellement complètement au point (1).

Lorsqu'on songe qu'actuellement, dans les stations centrales électriques brûlant sous des chaudières de la houille brute, même dans les installations les plus perfectionnées, la plus grande partie sinon la totalité des sous-produits énumérés ci-dessus s'échappent par les cheminées, on comprend facilement les efforts faits dans ces dix dernières années pour réagir contre ces méthodes d'utilisation directe de la houille. Il semble bien qu'actuellement on ait des tendances à envisager la production de l'électricité un peu, si j'ose m'exprimer ainsi, comme un sous-produit de l'industrie de distillation de la houille, et que toutes les grandes installations électriques auraient intérêt à distiller tout d'abord la houille qu'elles doivent employer, à en tirer tous les sous-pro-

(1) Consulter à ce sujet l'article de Henrich J. Freyn. *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*, février 1917, p. 665-692; et de M. Desmarets. *Revue de métallurgie*, mars-avril 1917, t. XIV, extraits, p. 108.

Digitized by Google

duits possibles et à pousser directement le coke incandescent provenant de la gazéification immédiatement sur les grilles des chaudières destinées à produire la vapeur nécessaire à alimenter des turbo-alternateurs ; le supplément de gaz produit serait utilisé à alimenter des moteurs à gaz comme il a été dit plus haut. On peut admettre que, dans une installation de fours à coke, 50 pour 100 du gaz produit seulement est utilisé pour le chauffage des fours ; une partie des calories nécessaires à ce chauffage s'échappe par la cheminée, on peut en récupérer une importante fraction en insérant, sur leur trajet, des chaudières venant en appoint aux chaudières normales chauffées par le coke incandescent ; la même observation est à faire pour les gaz d'échappement des moteurs à gaz (1).

On voit donc que les deux grandes concurrentes des temps modernes, les usines à gaz et les usines génératrices d'électricité, semblent devoir considérablement se rapprocher et probablement se fondre les unes dans les autres dans un avenir plus ou moins éloigné.

Le régime général futur des distributions électriques dans un pays comme la France possédant des chutes d'eau et des mines de houilles consisterait donc à faire de chaque centre hydraulique et de chaque centre houiller un foyer de distributions régionales fonctionnant, autant que possible, en parallèle et susceptibles de se porter secours les unes aux autres. Ces grands réseaux de distribution régionaux fourniraient l'énergie électrique à des sous-traitants chargés de la vente au détail et de la répartition dans les réseaux secondaires. Il faudrait naturellement, dans ce cas, s'efforcer de généraliser ce que les Suisses sont en train de mettre au point dans leur pays : l'éclairage électrique, la cuisine électrique, le chauffage électrique ; en s'appliquant surtout à diminuer le prix de revient de l'énergie produite et partant son prix de vente, tout en augmentant le rendement des appareils d'utilisation ; il faudrait également, dans les endroits où cette généralisation serait impossible pour des raisons locales, habituer le public à utiliser, pour son chauffage spécial, uniquement du coke, soit qu'on installe des systèmes à chauffage central alimentés par du coke, soit que dans chaque appartement on utilise des poêles spéciaux (genre Godin) qui permettent facilement, comme cela est prouvé maintenant, de brûler des cokes menus (dits coke n° 1, coke n° 0, grésillon) qui sont en général des déchets pour les usines à gaz et pour les cokeries métallurgiques.

Dans les grosses agglomérations, qui ne seraient pas comprises dans les parcours des réseaux régionaux ci-dessus, il faudrait bien se résoudre à créer des usines génératrices d'électricité ; ces usines auraient également intérêt, semble-t-il, à distiller le charbon qu'elles emploieraient, comme il est dit ci-dessus, pour les usines des grands centres houillers. Parmi les sous-produits que nous avons cités plus haut, provenant de la condensation des gaz de houille, nous avons énuméré ceux provenant de la distillation du goudron. Il ne sera pas la plupart du temps nécessaire, sauf dans les très puissantes installations, de recourir à ce procédé plus compliqué ; il est, en effet, possible actuellement de brûler directement le goudron pour le chauffage des chaudières à vapeur ou pour le chauffage des fours à cornues des usines à gaz.

Cette combustion est obtenue à l'aide de la pulvérisation des combustibles liquides par l'emploi de brûleurs spéciaux, dits brûleurs « Oméga ». Ces brûleurs permettent la combustion facile du pétrole et des combustibles lourds, comme les huiles, le goudron brut et le brai mou. Les figures 1 et 2 représentent un schéma de

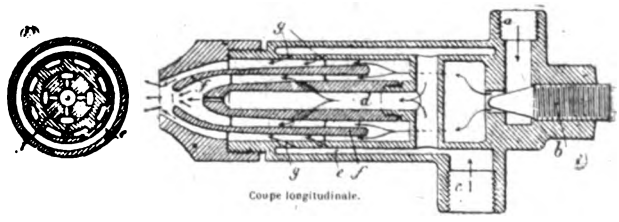


Fig. 1 et 2. — Coupes d'un brûleur Oméga.

principe de l'appareil. Le combustible arrive dans l'enceinte de combustion sous la forme d'une ou plusieurs couches minces (deux couches dans le cas des figures 1 et 2). Il pénètre dans le brûleur par l'orifice a et son débit est réglé par le pointeau b. Le fluide, vapeur ou air comprimé, destiné à produire la pulvérisation, arrive par la tubulure c, d'où il passe, d'une part, dans le tube central d et, d'autre part, dans l'espace annulaire e. Le liquide s'écoule sous forme de deux couches cylindriques séparées par la paroi f. Dans chacune de ces deux couches, le fluide servant à la pulvérisation s'introduit par des orifices percés obliquement dans les parois. D'autre part, les couches de liquide sont divisées en couches élémentaires par les nervures i et j.

Le brûleur Oméga se construit sous quatre formes différentes, toutes basées cependant sur le même principe.

1° Les brûleurs dits à basse pression fonctionnent à l'aide d'air comprimé sous 25 cm de colonne d'eau, à raison de 1500 litres d'air par litre de pétrole pulvérisé. Pour le goudron brut et la poix dure, ces données

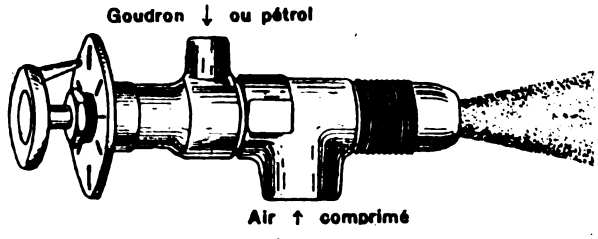


Fig. 3. — Brûleur Oméga type I.

respectives sont d'environ 80 cm et à peu près de 3000 litres d'air par litre de combustible pulvérisé. Le

(1) Voir *Electrician*, 15 et 22 juin 1917.

Digitized by Google

reste de l'air nécessaire à la combustion totale est aspiré par le brûleur au moyen d'une crépine attachée ou d'une vanne (fig. 3). Celles-ci sont munies d'un allumeur breveté construit spécialement dans ce but.

2° Un autre type de brûleurs à basse pression (fig. 4) fonctionne également à l'air comprimé sous 25 cm et

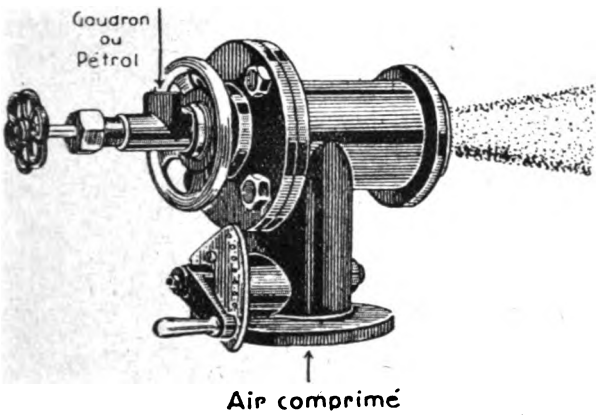


Fig. 4. — Brûleur Oméga type II.

plus de colonne d'eau ; ils exigent pour leur fonctionnement 10 à 12 m³ d'air par litre de combustible liquide. Pour pulvériser le goudron brut ou la poix dure, ces brûleurs demandent une pression d'air d'environ 50 cm de colonne d'eau. Les brûleurs sont munis d'un double réglage d'air. Pour chaque position de réglage, ils fonctionnent sans excès d'air.

3° Les brûleurs représentés à la figure 5 fonctionnent

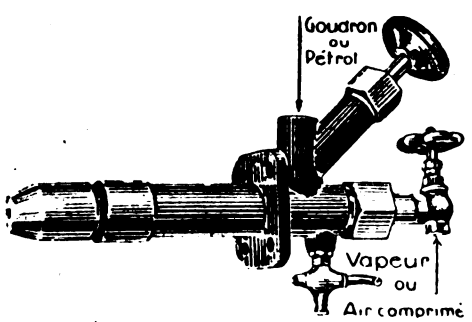


Fig. 5. — Brûleur Oméga type III.

soit à la vapeur sous pression, soit à l'air comprimé, d'une manière analogue aux pulvérisateurs à jet de vapeur. Ils aspirent eux-mêmes le pétrole et peuvent être employés à partir de 1/2 atmosphère de pression. Ils consomment environ 0,3 kg de vapeur ou 600 litres d'air par litre de combustible pulvérisé.

4° Les brûleurs à gaz, représentés figure 6, fonctionnent au gaz, à l'air ou à la vapeur, comprimés à 1,5 atmosphère et plus. Ils consomment environ 100 litres de gaz sous pression par litre de liquide pulvérisé. Le combustible doit être amené sous une haute pression à ces brûleurs, environ 1,5 atmosphère et plus.

Les deux applications principales qui nous intéressent dans la question que nous examinons dans le présent article, sont

1° La possibilité d'utiliser les brûleurs Oméga pour employer directement le goudron comme combustible dans les chaudières.

2° La possibilité d'utiliser les brûleurs Oméga pour employer directement le goudron comme combustible dans les fours à cornues des usines à gaz.

Les brûleurs Oméga peuvent assurer le chauffage des

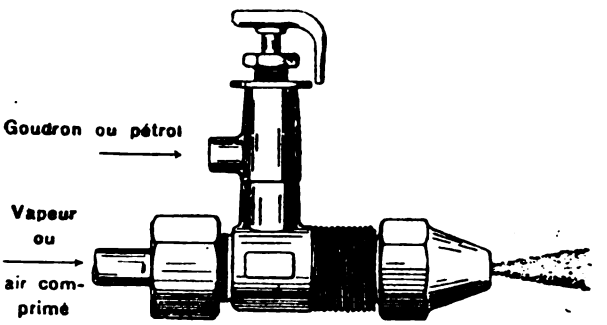


Fig. 6. — Brûleur Oméga type IV.

chaudières à vapeur, soit des chaudières fixes, soit des chaudières de locomobiles, de locomotives ou de bateaux. La figure 7 montre le devant d'une chaudière fixe équipée avec ces brûleurs. Ces appareils ont donné de très bons résultats, tant au point de vue de leur marche économique que de leur bon fonctionnement. Ils ont permis notamment d'utiliser des combustibles épais tels que le goudron, avec un rendement calorifique maximum et cela sans danger d'encrassement. Des essais effectués pour le chauffage des chaudières aux usines Sulzer de Winterthur avec des brûleurs Oméga alimentés par du goudron distillé de l'usine à gaz de Genève ont donné des résultats tout à fait concluants et ont prouvé la mise au point presque parfaite de ces brûleurs et la possibilité de les utiliser en marche continue sans aucun incident.

L'allumage des brûleurs, avant la mise en pression de la chaudière, si on n'a pas d'autre source de vapeur à sa disposition, se fait au moyen de gaz comprimé, par exemple d'hydrogène, conduit au foyer par des tuyaux d'acier, soit au moyen d'air comprimé par un petit compresseur. Aussitôt que la chaudière contient de la vapeur à la pression de 1,5 atmosphère environ, on coupe la venue du gaz et le brûleur fonctionne à la vapeur.

3° Pour le chauffage des fours à cornues des usines à gaz, on emploie comme médium actif une partie du gaz fabriqué, comprimé à trois ou quatre atmosphères par un compresseur spécial. Comme, dans ce cas, la consommation n'est que de 100 litres environ de gaz comprimé par litre de goudron pulvérisé, l'exploitation est très économique. Il résulte d'essais faits à l'usine à gaz de Zurich qu'avec des brûleurs Oméga, pour le chauffage d'un surchauffeur, on a pu substituer avec succès à

Digitized by Google

l'huile de goudron brut la poix comme combustible. Il faut seulement tenir compte, pour arriver à ce résultat, que la température de l'air comprimé servant à la pulvérisation soit plus élevée que la température de fusion de la poix. Il a été constaté que la poix fondue est tout aussi fluide que le goudron aux températures où celui ci est ordinairement utilisé pour le chauffage.

Nous avons cru bon d'insister assez longuement sur l'utilisation de ces brûleurs spéciaux, parce qu'ils permettent, dans la théorie que nous exposons ci-dessus et dont la conception tend de plus en plus à se généraliser, à savoir qu'il y a intérêt à ne pas utiliser directement les houilles susceptibles d'être distillées, mais à séparer toujours le coke des matières volatiles et des sous-produits et à les employer chacun séparément, de faire une récupération supplémentaire en utilisant directement le goudron comme combustible et même, si on veut installer des distilleries de goudron pour diviser les sous-produits que nous avons signalés plus haut, les brûleurs Oméga permettent d'utiliser directement

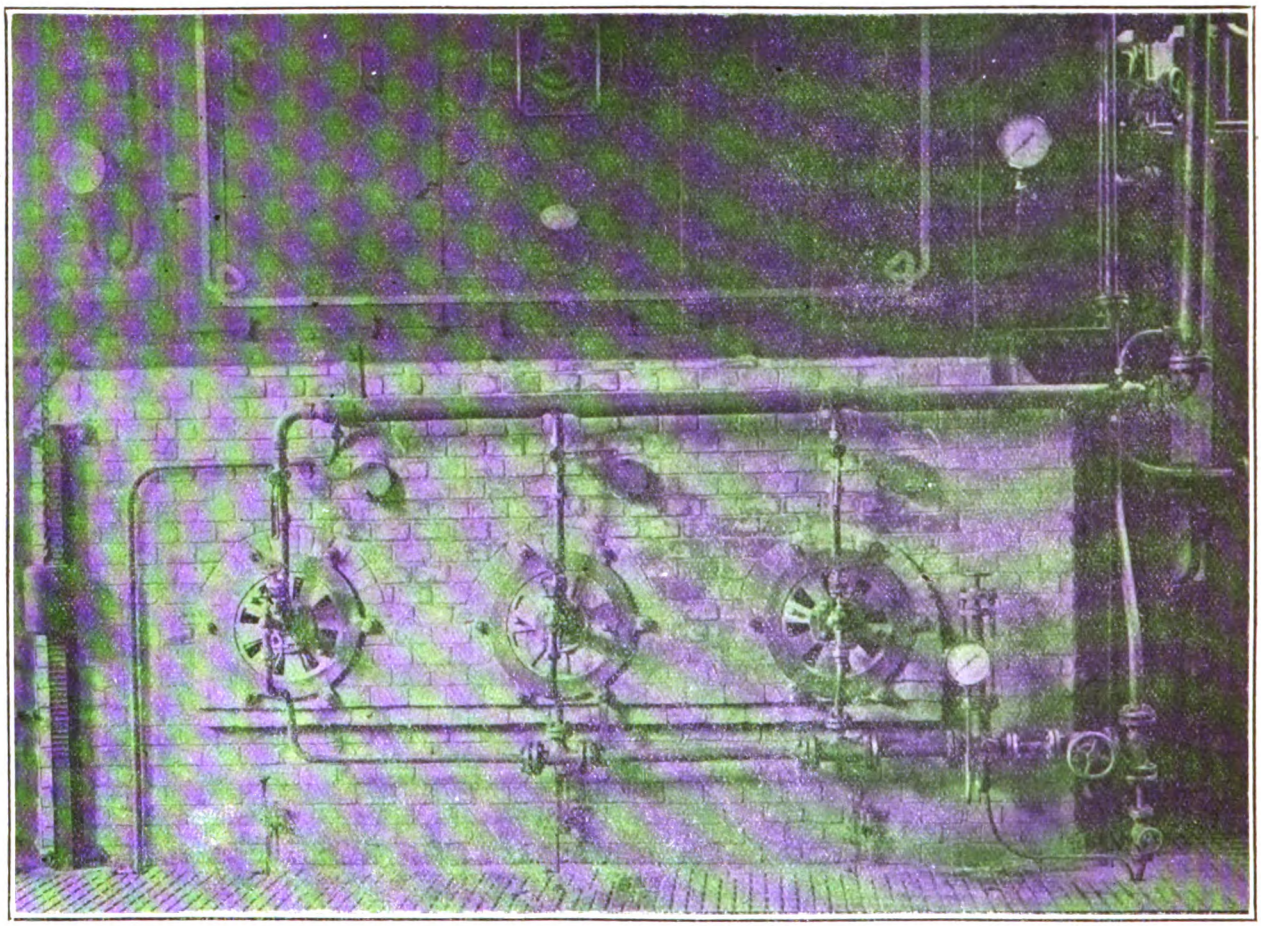


Fig. 7. — Vue du foyer d'une chaudière chauffée à l'aide de brûleurs Oméga.

comme combustible la poix ou le brai. Or le brai, résidu assez peu apprécié dans les usines à gaz, était utilisé de diverses manières jusqu'à présent (confection des macadams, des cartons toiture, des électrodes, des briquettes et des boulets, etc.) comme on le pouvait et sans grand profit. Il est bien évident que la possibilité de l'employer comme combustible avec ces brûleurs spéciaux présente un tel avantage économique qu'on ne peut avoir aucune hésitation à essayer ce nouveau système de chauffage.

Nous nous sommes borné jusqu'ici à ne signaler que deux applications principales de l'utilisation du goudron et de la poix comme combustibles à l'aide des brûleurs Oméga ; il va sans dire que cette utilisation a un champ beaucoup plus vaste et qu'on en a fait de nombreuses applications dont les principales sont les suivantes, outre celles déjà signalées :

I. — Dans l'industrie du ciment et dans l'industrie chimique, pour le chauffage des fours tournants, des tambours de séchage, des appareils à évaporer et des fours de séchage.

II. — Pour le chauffage des fours de verreries. Il en a été fait une intéressante application aux verreries nationales suisses S. A. à Horw Lucerne.

Digitized by Google

III. — Pour le chauffage des différents fours employés dans l'industrie métallurgique et dans l'industrie céramique.

IV. — Pour tous les chauffages utilisés dans la petite industrie et même pour le chauffage central.

Remarquons en passant que toutes ces applications offrent un nouveau débouché très important pour l'utilisation complète comme combustible du goudron, sous-produit des usines à gaz et que les brûleurs Oméga permettent également de brûler, outre le pétrole naturellement, les résidus du pétrole (Mazout, Ostatki, Pakura).

J'ai cru bon d'insister assez longuement sur ces nouvelles méthodes, parce qu'il m'a paru intéressant de signaler les efforts tentés dans différents pays belligérants ou neutres, l'Allemagne, l'Angleterre et la Suisse principalement, pour améliorer les méthodes actuelles de combustion du charbon; la nécessité où nous nous trouvons en France de tirer tout le parti possible de l'énergie calorifique mise à notre disposition m'a poussé à signaler tout particulièrement ces appareils permettant d'utiliser totalement des résidus combustibles qu'on employait jusqu'ici d'une manière assez quelconque au grand détriment des économies générales d'énergie calorifique que nous devons réaliser, surtout actuellement.

E. Pierret,
Ingénieur I. E. N., licencié ès sciences.

La fumisterie dans les stations centrales thermiques

Dans cette note l'auteur indique les qualités que doivent avoir les matériaux employés dans la construction des massifs des chaudières ainsi que les précautions qu'il convient de prendre dans le séchage de ces massifs.

Les principaux soucis de l'ingénieur chef d'usine thermique venaient d'abord des nettoyages intérieurs dus aux incrustations formées par des eaux trop souvent très calcaires, et ensuite de l'entretien de ses fumisteries.

Le premier problème, posé par la mauvaise qualité de l'eau, a été résolu dans les grandes centrales actuelles par l'emploi des turbines avec condenseurs par surface et par le retour de toutes les purges à la bâche d'alimentation. Le faible pourcentage d'eau perdue par les extractions ou les vidanges peut être facilement compensé par de l'eau très soigneusement épurée.

La question des fumisteries, par contre, doit continuer à faire l'objet d'une minutieuse attention de la part de l'ingénieur exploitant, s'il veut d'abord réduire ses frais d'entretien et surtout ne pas risquer d'avoir, à un moment donné, une partie de son usine immobilisée par la réfection des foyers des chaudières.

J'ai fréquemment vu des voûtes de foyers à grilles mécaniques complètement usées après quelques centaines d'heures de service, alors que d'autres sont en excellent état après plusieurs milliers d'heures de service intensif.

Ce sont les causes de ces différences considérables de résultats qu'il est intéressant de déterminer, causes qui peuvent être recherchées dans : 1° la qualité des matériaux employés ; 2° les soins apportés à leur mise en œuvre ; 3° les réactions dues à la température ou à la composition des cendres en fusion sur les produits réfractaires.

Les matériaux employés en fumisterie industrielle sont les briques ordinaires et réfractaires et les mortiers ou coulis opérant leur liaison. Nous allons, dans ce qui suit, examiner les conditions que doivent remplir ces matériaux.

Briques ordinaires. — Les briques ordinaires en argile commune commencent à se ramollir en dessous de 1000° et elles s'écrasent d'autant plus rapidement que la température est plus élevée ; elles ne peuvent donc pas entrer dans la partie des foyers de chaudières en contact avec les flammes dont la température atteint 1100 à 1350°.

Leur grande résistance à l'écrasement (de 250 à 300 kg : cm²) les font employer à la construction des massifs supportant les chaudières, les surchauffeurs et les économiseurs, sauf dans les parties du foyer directement en contact avec la flamme.

Les belles briques de fumisterie sont repressées après avoir été formées à la filière, ce qui augmente leur cohésion, diminue leur porosité et leur donne une forme et des dimensions très régulières, facilitant l'appareillage des parements. Les dimensions usuelles sont des parallélipipèdes rectangulaires de 220 mm × 110 mm × 50, ou 55, ou 60 mm. Pour les voûtes à faible rayon, on trouve dans le commerce des briques en forme de coin.

Les produits cuits au four continu à gaz sont très réguliers comme aspect et degré de cuisson ; par contre, ceux cuits en meules sont moins homogènes.

On choisira toujours des produits de forme et d'aspect réguliers, à angles bien vifs, dont la cassure montre un grain fin, serré, brillant, et bien régulier, et qui, par percussion, rendent un son clair. Leur densité est de 1,6 à 2.

La terre employée à leur confection doit être absolument exempte de calcaire, car ce dernier cuisant avec la brique forme de la chaux vive, qui, lorsque la brique est mouillée, par exemple lors de l'emploi, s'éteint et provoque par son expansion des fendillements.

Dans les briques cuites en meules, on constate sou-

Digitized by Google

vent des taches noires qui n'ont d'ailleurs aucune influence sur leur solidité ou leur qualité.

Les briques d'argile employées dans les massifs de chaudières sont toujours hourdées au mortier de chaux hydraulique et sable.

La chaux employée doit avoir les caractéristiques suivantes : la pâte de chaux immergée dans l'eau potable doit faire complètement prise dans un délai de vingt-quatre heures au moins et quarante-huit heures au plus. Elle doit former des briquettes ayant une résistance à l'arrachement d'au moins 4 kg : cm² après sept jours d'immersion dans l'eau. Le sable employé doit être du sable de rivière bien lavé pour le débarrasser de toute trace de terre et être surtout exempt de sel marin qui constituerait un fondant énergique dans les endroits où, accidentellement, le briquetage peut se trouver soumis à une température un peu élevée. Le dosage du mortier est de 200 kg de chaux par mètre cube de sable.

Les joints n'auront jamais plus de 5 à 8 mm d'épaisseur.

Sur les parements, ils doivent être lissés avec soin dans un délai assez court après la confection du briquetage, avant que le mortier n'ait entièrement fait prise, pour que la matière ajoutée pour lisser le joint, puisse très bien faire corps avec le reste de la masse.

Briques réfractaires. — Les briques réfractaires, c'est-à-dire résistant à une température plus élevée que les briques d'argile, ont des compositions très variables, suivant les usages auxquels on les destine.

Celles destinées aux foyers des chaudières sont généralement des briques silico-alumineuses fabriquées avec une terre contenant 15 à 30 pour 100 d'alumine, et 60 à 65 pour 100 de silice.

Avec la silice, au lieu d'obtenir, comme avec l'argile ordinaire, un ramollissement et un écrasement lorsque l'on charge une brique chauffée, on constate que la première pression ne produit aucun effet, et qu'en l'augmentant, on obtient brusquement une rupture. Les fragments ne se ressoudent pas en se refroidissant.

L'effort de rupture diminue avec l'élévation de température.

Pour une brique siliceuse de très bonne qualité, cette résistance à l'écrasement en fonction de la température est donnée par le tableau ci-dessous :

Température :	Résistance en kg : cm²
15	170
520	158
670	150
800	139
950	125
1 050	120
1 200	85
1 300	52
1 460	50
1 540	37
1 600	30
1 700	12

Toutes les bonnes briques siliceuses ont, après un chauffage prolongé à 1 600°, une résistance à l'écrasement d'au moins 10 kg : cm².

Le maintien de cette résistance à haute température est dû à la formation d'un réseau continu de quartz cristallisé entre les mailles duquel se loge la masse des oxydes basiques accessoires fondus.

La recristallisation du quartz pour former ce réseau exige, pendant la cuisson, un chauffage prolongé plusieurs jours vers 1 450°, et cette recristallisation est d'autant plus rapide et plus complète qu'il y aura plus de quartz fin.

D'un autre côté, on doit conserver une certaine proportion de gros grains pour empêcher la formation de fentes.

Pour la confection des briques réfractaires, on se sert rarement de terre seule ; on y ajoute, quand on ne dispose pas de sable quartzeux, des morceaux de produits cuits, concassés finement. Ce sont, ou des débris de briques, ou des pièces spécialement cuites à cet effet.

La cassure d'une brique réfractaire est absolument caractéristique : on y distingue nettement les grains un peu grossiers qui forment l'armature, et le ciment qui remplit les interstices du réseau.

La brique réfractaire est blanche ou légèrement jaunâtre mais la couleur ne donne aucune indication sur la qualité de la brique. Comme pour les briques rouges, les briques réfractaires ont généralement la forme parallélipipédique rectangulaire de dimensions 220 × 110 × 50, ou 55, ou 60 mm, mais on emploie très couramment des briques de formes très variées, et même de gros blocs réduisant le nombre des joints.

Les briques réfractaires sont caractérisées par leur résistance pyrométrique, indiquée généralement par le numéro du cône de Seger qui fond en même temps que la brique.

Cette température de fusion doit toujours être assez éloignée de la température normale en service régulier, et on ne doit pas employer de briques présentant une résistance pyrométrique inférieure au cône 27 ou 28 (1 670° à 1690°) ou même dans les parties très exposées, pieds-droits et voûtes au cône 30 ou 31 (1 730° ou 1750°).

Pour les parties des foyers exposées aux coups de ringard ou autres outils de chauffe, au choc du charbon ou à l'usure des particules de charbon entraînées par le tirage, il faut choisir des produits ayant une résistance à l'écrasement d'au moins 200 kg : cm².

Une brique ne doit pas être très poreuse, car sous l'influence du tirage elle laisserait filtrer facilement de l'air refroidissant le foyer.

La porosité s'exprime par le rapport du poids d'eau absorbée par la brique immergée pendant quarante-huit heures, au poids de la brique ; elle doit être de 10 à 15 pour 100 au maximum.

Une bonne brique réfractaire a une densité de 1.6 à 2 ; d'ailleurs les fabricants de produits réfractaires de haute qualité vendent seulement leurs produits à la tonne.

Dans les cas de foyers mécaniques soufflés, où les revêtements réfractaires sont très fatigués d'abord par la température élevée du foyer, et par les frottements

Digitized by Google

des mâchefers et des particules de charbon, on emploie souvent la brique de bauxite, c'est-à-dire une brique extra-alumineuse dont la teneur en alumine dépasse 40 pour 100; ces briques sont très résistantes à tous points de vue, mais sont assez chères.

De plus, en cas d'utilisation de charbon très pyriteux, nous avons constaté des usures plus rapides sur ces briques bauxites que sur les bonnes briques siliceuses. Il y a, en effet, formation d'un sulfure d'aluminium désagrégeant très rapidement les revêtements réfractaires.

Dans d'autres cas, où les cendres et mâchefers sont riches en chaux, ils dissolvent très rapidement les briques siliceuses, et on emploie avec avantage des briques de magnésie qui sont pourtant bien moins résistantes à la température que les briques siliceuses. Ces briques fondent vers 1 300° et coulent comme les briques argileuses.

Dans les cas très rares où on serait amené à utiliser des briques de magnésie, les voûtes seront toujours construites en briques de silice plus résistantes, mais il faut éviter le contact direct des deux sortes de briques dont les réactions l'une sur l'autre provoqueraient leur fusion mutuelle. On les sépare par une couche d'oxyde de fer chromé.

Dans tous les cas, les cendres et mâchefers étant des silicates fusibles, agissent sous l'influence de la température comme fondant sur les parois réfractaires auxquelles ils viennent se coller; il se produit d'abord une vitrification locale qui s'étend plus ou moins et dans les parties très actives du foyer, les points attaqués se rongent peu à peu, et la maçonnerie est ainsi détruite à la longue.

Un revêtement réfractaire construit dans de bonnes conditions avec des matériaux de haute qualité, exécuté par de bons fumistes doit durer, dans un foyer mécanique brûlant de 90 à 100 kg de charbon par mètre carré et par heure, un minimum de 4 000 heures.

Les briques réfractaires sont exclusivement hourdées avec du coulis qui n'est autre chose que le produit même qui sert à fabriquer les briques : terre crue avec le dégraissant bien broyé et tamisé finement.

Le coulis se gâche dans le minimum d'eau possible, pour obtenir un bain assez fluide dans lequel on plonge les briques seules frottant les unes contre les autres pour aplanir les faces et permettre de monter les maçonneries réfractaires avec des joints aussi faibles que possible (2 à 3 mm). La régularité des briques est donc une question importante et on fixe généralement au fabriquant les tolérances suivantes en ce qui concerne les formes : gauchissement des surfaces planes : 1 pour 100 (mesuré par la flèche de courbure par rapport à la dimension transversale correspondante); pour les surfaces courbes : flèches de 1,5 pour 100, en plus ou en moins de celles indiquées; sur les dimensions : 1,5 à 2 pour 100.

C'est pour compenser ces faibles épaisseurs de joints que, pour faciliter les liaisons entre la fumisterie de briques rouges et les revêtements réfractaires, on prendra toujours des briques réfractaires ayant une épaisseur de 5 mm supérieure à celle des briques rouges.

Le coulis doit être de même composition que la brique avec laquelle on l'utilise; sinon, on s'expose à de graves mécomptes par suite des réactions dont nous avons parlé plus haut.

Les briques réfractaires doivent être conservées dans des endroits couverts, et toujours employées à l'état sec, c'est-à-dire sans les tremper dans l'eau, comme on le fait pour les briques rouges.

Séchage des massifs de chaudières. — Une autre condition de bonne conservation des fumisteries est le séchage convenable des massifs de chaudières. Ce séchage doit être fait avec le plus grand soin. Il sera conduit de manière à expulser d'abord toute l'humidité contenue dans l'ensemble de la maçonnerie, et on montera ensuite la température de manière que les dilatations se produisent régulièrement.

Le séchage est donc essentiellement une opération qui demande à être conduite lentement et progressivement. Le chauffage fait passer à l'état de vapeur l'eau contenue dans le massif.

Si cette vapeur se produit en trop grande abondance et ne peut être évacuée à travers les interstices de maçonnerie, ou grâce à la porosité des briques, elle prend de la pression et fait éclater les joints.

Aussi pour des massifs importants, doit-on laisser des cheminées disposées pour l'évacuation des vapeurs et qu'on vient boucher une fois le séchage terminé.

Ce séchage doit être terminé suivant un temps plus ou moins long suivant l'importance du massif, l'état des matériaux au moment de leur mise en œuvre et les conditions atmosphériques auxquelles a été soumis le massif avant séchage.

Le chauffage se fait d'abord en brûlant sur la grille quelques morceaux de bois. On évite de laisser refroidir le foyer pendant les heures de séchage, de manière à éviter les dislocations dues aux dilatations dans un massif où tous les éléments n'ont pas encore bien pris leur place.

A la fin, on élève progressivement la température pour que les dilatations se produisent tant sur les maçonneries que sur les parties métalliques des chaudières. On revoit alors l'ensemble de la construction, à l'effet de corriger les défauts qui pourraient s'être produits, de boucher les fissures qui se seraient déclarées, etc..., défauts qui doivent toujours être très minimes si le constructeur a bien réservé toutes les possibilités de dilatation des parties métalliques.

Pendant la période de montée de température, il faut apporter une très grande attention aux armatures, car il se produit souvent quelque ennui pour retirer un tirant cassé et le remplacer par un nouveau.

A ce point de vue, le serrage des tirants sur des ressorts est une disposition extrêmement avantageuse.

Quand on n'y a pas recours, il est recommandé d'interposer en dessous des écrous, des rondelles en bois

Digitized by Google

qui s'écrasent et se déforment, en prévenant les ruptures.

Lorsque le massif a bien pris sa place, on peut, sans inconvénient, enlever toutes les cales provisoires et serrer à bloc.

Lorsqu'un massif reste quelque temps sans être mis en chauffage après son achèvement, il est bon de laisser ouverts le cendrier et le registre des chaudières correspondantes.

Par suite du tirage, il se produit un mouvement d'air qui provoque *lentement le séchage des maçonneries.*

L. Conge,
Ingénieur électricien.

Revues, analyses et informations

Le chemin de fer Coire-Arosa (1).

Les caractéristiques principales de la ligne Coire-Arosa sont les suivantes : la longueur totale de la ligne est de 25,6 km, l'écartement de la voie est de 1 m, le maximum des rampes est de 60 pour 1 000, le rayon de courbure minimum est de 60 m. Toute la ligne est sur plate-forme indépendante et établie en rails Vignole de 24,2 kilogrammes par mètre courant. La charge maximum admissible par essieu est de 10,5 t.

Matériel roulant. — Les automotrices sont montées sur bogies à 2 essieux par l'intermédiaire d'une suspension élastique double composée de ressorts à boudin et de ressorts à lames, tous les roulements sont à billes. La longueur totale d'une automotrice entre tampons est de 17,410 m, la largeur de la caisse de la voiture est de 2,700 m, sa hauteur, depuis le champignon du rail au faîte du toit est de 3,560 m; la distance entre les axes des bogies est de 10,150 m et la distance entre les axes des essieux d'un même bogie, de 2,300 m; le diamètre des roues est de 0,920 m.

La figure 1 montre une vue d'ensemble d'une automotrice. La caisse comprend 2 cabines de mécanicien, une à chaque

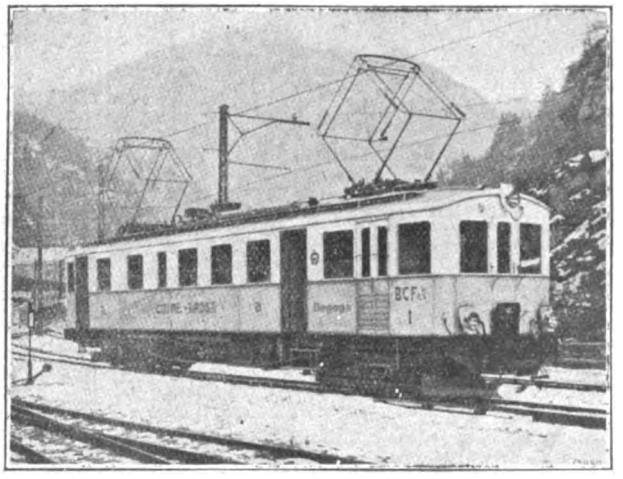


Fig. 1. — Automotrice à deux cabines de la ligne Coire-Arosa.

extrémité, 2 compartiments de seconde classe de 8 places chacun, un compartiment de 3e classe à 8 places assises, un compartiment de 3e classe à 16 places assises, un compartiment postal et à bagages, un water-closet et une cabine à haute tension accessible seulement au personnel de service. Deux couloirs d'entrée transversaux situés à chaque extrémité de la voiture donnent accès aux cabines du mécanicien et aux divers compartiments. On peut également pénétrer dans les cabines du mécanicien par une porte à gonds placée dans la paroi frontale de la voiture à chaque extrémité.

Équipement des automotrices. — Les automotrices sont alimentées par une ligne de trolley à courant continu sous 2 000 v; la prise de courant se fait par deux pantographes actionnés pneumatiquement.

Chaque automotrice possède 4 moteurs série, 1 par essieu; chaque moteur attaque l'essieu correspondant par l'intermédiaire d'un train d'engrenages à simple réduction de rapport 1 : 5,1.

Les moteurs sont connectés de façon à constituer deux groupes de deux moteurs couplés en série. La commande s'effectue au moyen d'un contrôleur central série-parallèle qui est actionné mécaniquement depuis chaque cabine de mécanicien au moyen d'un faux contrôleur; les résistances de démarrage en ruban de rhéotan sont refroidies artificiellement.

Chaque moteur à excitation série a une puissance horaire de 100 ch sous une tension de 1 000 v, les moteurs étant réunis en deux groupes de deux moteurs en série pour la marche en parallèle; la vitesse est de 610 t : min, ce qui correspond à une allure de marche de 20 km : h.

Le freinage de l'automotrice peut se faire soit électriquement en faisant débiter les moteurs, fonctionnant en génératrices, sur les résistances de démarrage refroidies par un ventilateur, soit mécaniquement à l'aide d'un frein à main à 8 sabots combiné avec un frein à vide système Kardy, soit encore par un frein mécanique à 4 sabots actionné mécaniquement et exerçant sur le rail une force de 8 000 kg.

Le poids d'une automotrice vide est de 36 t et le poids maximum d'un train, de 73 t.

La vitesse maximum d'un train est de 45 km : h en palier et de 20 km : h sur une rampe de 60 pour 1 000 avec une charge de 73 t.

L'interrupteur principal et l'interrupteur à maximum possèdent des contacts à marteaux et un dispositif de soufflage permettant de couper sans danger une tension de 2 200 v. L'interrupteur principal est commandé pneumatiquement.

Circuits auxiliaires. — Les circuits auxiliaires sont à basse tension; un groupe convertisseur moteur-générateur à 2 200 v est placé sous la voiture dans une carcasse commune; il porte en bout d'arbre un ventilateur à ailettes destiné à refroidir les résistances de démarrage et de freinage. Le moteur et la génératrice sont à excitation série et pré-

(1) Revue *B. B. C.*, publiée par la Société anonyme Brown, Boveri et Cie, à Baden (Suisse), mai 1916, t. III, p. 70.

Digitized by Google

sentent cette particularité que leurs enroulements sont couplés en série pour diminuer la valeur de la tension appliquée aux bornes du moteur. La puissance de la génératrice est de 40 kw sous 300 v aux bornes.

Les circuits auxiliaires comprennent l'éclairage, le chauffage électrique, le moteur du compresseur d'air et le moteur de la pompe à vide.

Voitures de remorque. — Les voitures de remorque sont toutes à deux essieux. Les voitures de voyageurs ont deux essieux convergents avec ressorts à lames à articulations, les paliers sont à billes ; l'écartement des essieux est de 6,400 m, le freinage se fait par 8 sabots qui peuvent être actionnés soit par le frein à vide, soit à la main ; l'éclairage et le chauffage sont électriques. Les caisses sont de deux types, les unes comprennent 1 compartiment de 2e classe avec 16 places assises, 1 compartiment de 3e classe avec 24 places assises et 2 plates-formes d'entrée ouvertes. Les autres comprennent 2 compartiments de 3e classe, l'un de 24 places assises, l'autre de 16.

Les wagons de marchandises sont également à deux essieux, les paliers sont à billes, ils sont munis de frein à 8 sabots pouvant être actionnés, soit à la main, soit pneumatiquement.

L'empattement des wagons est de 3,2 m pour ceux de 10 t et de 4,7 m pour ceux de 15 t.

Distribution du courant. — La ligne de contact se compose d'un fil de cuivre dur profilé de 80 mm² de section. La suspension est simple en voie ouverte et dans toutes les stations. Entre Coire et Sassal et sur les viaducs de Langwieser et de Gründjetöbel la suspension est caténaire ; sur les viaducs les poteaux sont distants de 100 m.

L'isolation de la ligne de contact est double, tous les isolateurs sont en porcelaine. Les poteaux sont métalliques partout où on emploie la suspension caténaire et aux stations de Coire et d'Arosa ; partout ailleurs ils sont en bois imprégné.

Sauf sur le tronçon Coire-Sassal, un fil d'alimentation de 64 mm² de section est installé tout le long de la ligne et est monté sur les consoles portant la ligne de contact.

La ligne est alimentée par la centrale de la ville de Coire à Luen.

Le retour du courant se fait par les rails, les éclissages électriques sont constitués par un ruban élastique, ruban de cuivre brasé au rail. Tous les 100 m, des connexions en cuivre rond relient les deux files de rails. Aux aiguillages les rails sont reliés par des raccords spéciaux. Une installation téléphonique a été établie pour assurer les communications nécessaires au service.

La ligne fonctionne depuis décembre 1914. Le matériel roulant, la ligne de distribution de courant, les éclissages électriques et l'installation téléphonique ont été fournis par la Société anonyme Brown, Boveri et Cie. H. C.

Locomotive à accumulateurs pour voies industrielles (1).

L'industrie a longtemps employé des locomotives à vapeur, soit pour faire le transport des matériaux entre les divers ateliers d'une grande installation, soit pour conduire à la ligne de chemin de fer la plus voisine les wagons nécessaires au trafic de l'usine.

Les locomotives à vapeur, bien entretenues, assuraient le service d'une façon satisfaisante, mais étant donnée leur marche intermittente, elles avaient un rendement très mauvais et perdaient une grande partie de l'énergie calorifique qui leur était fournie, par rayonnement ou par fuites de vapeur ; de plus, la fumée qu'elles faisaient était salissante et les escarbilles et flammèches qu'elles rejetaient causaient assez souvent des incendies.

Les industriels avaient donc songé à les remplacer par des locomotives électriques, lorsqu'ils possédaient dans leur usine une source d'énergie électrique.

Les locomotives électriques sont propres, faciles à conduire et ne consomment pas d'énergie lorsqu'elles ne fonctionnent pas. Mais les locomotives à prise de courant nécessitent un équipement spécial de la voie, soit par trolley, soit par troisième rail, cet équipement coûte cher et peut présenter des dangers dans les usines surtout pour le personnel.

Un autre inconvénient des locomotives électriques à prise de courant est que leur fonctionnement dépend de celui de l'installation électrique de l'usine, et qu'en cas d'arrêt de celle-ci elles sont dans l'impossibilité d'assurer leur service.

Les locomotives électriques à accumulateurs ont tous les avantages des autres locomotives électriques et n'en ont pas les inconvénients ; elles ne présentent aucun danger pour le personnel, ni de risques d'incendie. De plus, on peut charger leurs batteries pendant les heures de faible charge et obtenir ainsi une régulation du facteur de charge de l'usine. La marche des locomotives à accumulateurs est, par la nature même de ces machines, complètement indépendante de celle des autres installations électriques de l'usine et elles peuvent continuer leur service même en cas de manque de courant.

Nous allons décrire sommairement une locomotive électrique à accumulateurs qui a été construite par la Société Brown, Boveri et Cie et qui fait le service intérieur des ateliers de Baden de cette Société.

Cette locomotive est à voie normale et se compose d'un châssis de construction très robuste, destiné à porter des pièces lourdes (fig. 1) et qui est monté sur deux essieux par l'intermédiaire de ressorts à lames. Ce châssis est constitué par des fers en U assemblés par des cornières et des rivets. A une extrémité du châssis se trouve l'abri du mécanicien, le reste est occupé par la plate-forme qui est constituée par de fortes planches en bois, maintenues latéralement par des fers en U. Les planches sont simplement posées sur le châssis ; deux rails fixés sur les côtés du châssis les empêchent de glisser. Les traverses d'extrémité sont munies des organes de choc et de traction du type employé par les chemins de fer suisses.

Un plancher de bois suspendu sous le châssis de la locomotive par l'intermédiaire de ressorts sert de support à la batterie d'accumulateurs. Des tampons de caoutchouc fixés au châssis sont disposés sur le pourtour de la batterie pour l'empêcher d'osciller dans le sens transversal ou dans le sens longitudinal.

Le freinage s'opère au moyen d'un frein à vis à quatre sabots agissant sur les deux essieux.

La locomotive est actionnée par deux moteurs attaquant chacun un essieu. La transmission du mouvement se fait par l'intermédiaire d'une double réduction d'engrenages. Les moteurs sont montés sur des plaques de support reposant d'une part sur les essieux et reliées d'autre part au châssis par une suspension élastique. Chaque moteur du type série, entièrement fermé, a une puissance horaire de 6 ch sous 80 v et tourne à la vitesse de 770 t : min. La réduc-

(1) Revue *B. B. C.*, publiée par la Société anonyme Brown, Boveri et Cie à Baden (Suisse), mai 1916, t. III, p. 67.

Digitized by Google

tion d'engrenage totale est de 1 : 29,7, la vitesse correspondante est de 4,45 km : h, le diamètre des roues étant 920 mm.

La batterie d'accumulateurs se compose de 40 éléments disposés dans des récipients en ébonite fermés chacun par

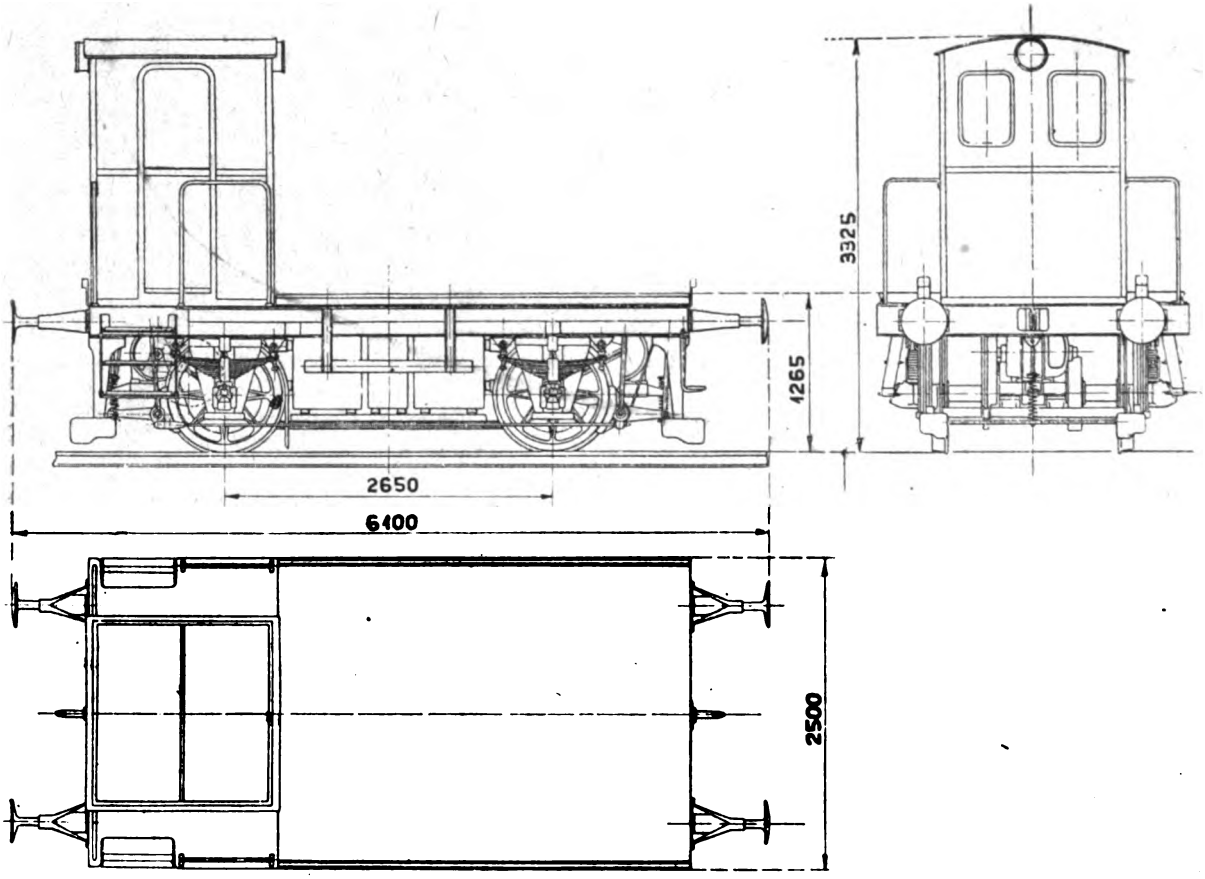


Fig. 1. — Elévation et plan de la locomotive à accumulateurs.

un couvercle en ébonite destiné à empêcher les trépidations de projeter l'acide en dehors des récipients. La capacité de la batterie est de 259 A-h en décharge unihoraire ou de 378 A-h pour une décharge trihoraire Les éléments sont placés dans trois bacs en bois dont deux contiennent 16 éléments et le troisième, placé entre les deux premiers, 8 éléments. Les bacs sont isolés du plancher de la batterie par des isolateurs.

Un contrôleur série-parallèle est placé dans la cabine du mécanicien. Il possède six touches, la dernière touche parallèle est destinée au shuntage des inducteurs pour permettre une augmentation de vitesse lorsque la machine marche à vide.

Le contrôleur est constitué par un cylindre principal et un cylindre inverseur monté directement au-dessus du premier et commandé par une manette séparée.

La figure 2 montre le schéma des connexions. L'équipement de la locomotive se compose d'une résistance de démarrage, de deux fusibles destinés à protéger la batterie et les moteurs contre les surcharges, d'un ampèremètre et d'un voltmètre. Les fusibles, l'ampèremètre et le voltmètre sont placés dans l'abri du mécanicien au-dessus du contrôleur. Une boite de contact bipolaire pour la charge de la batterie est fixée à la traverse de tamponnement sous la cabine du mécanicien. Un circuit d'éclairage comprenant trois lampes dont deux à réflecteurs placées sur les parois

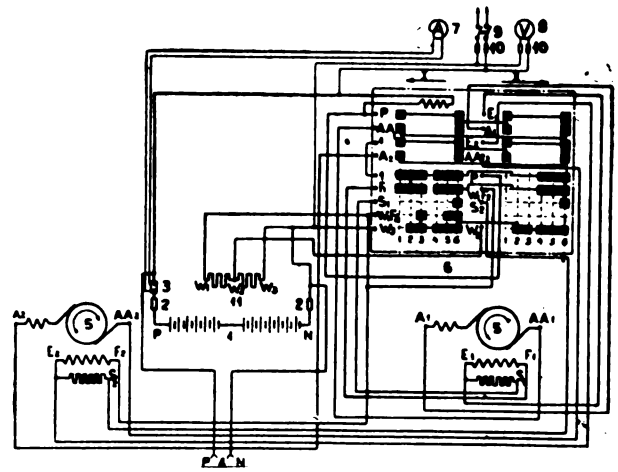


Fig. 2. — Schema des connexions.

1. Batterie d'accumulateurs (P, pôle positif ; N, pôle négatif) ; 2, Fusibles de la batterie ; 3, Shunt de l'ampèremètre ; 4, Boite de contact pour la charge de la batterie ; 5, Moteur de traction ; 5, Controleur I marche avant, II marche arrière ; 7, Ampèremètre ; 8, Voltmètre ; 9, Commutateur pour l'éclairage ; 10, Fusible ; 11, Resistances de démarrage ; S_1, S_2 shunts des inducteurs E_1 F_1 et E_2 F_2 des moteurs de traction.

Digitized by Google

avant et arrière de la cabine, et la troisième à l'intérieur, complète l'installation.

La tare de la locomotive équipée est de 12,1 t; la machine peut remorquer en palier un train de 120 t (y compris la charge de la locomotive, mais non la tare) à la vitesse de 4,3 km : h.

La charge de la batterie se fait à l'aide d'une commutatrice de 20 kw, 1 200 t : sec. Une résistance est toujours intercalée dans le circuit de charge et est dimensionnée de façon que le courant au début de la charge soit de 60 A et tombe à une valeur très faible en fin de charge. Aucun autre système de réglage n'est employé.

La locomotive a donné d'excellents résultats en exploitation et a pu remorquer des trains d'un poids maximum de 200 t.

Le prix de la charge tout compris (matériel de graissage, de nettoyage, éclairage, intérêts et amortissement) est de 10 fr par jour en comptant 0,10 fr : kw-h aux bornes continues de la commutatrice de charge.

Le montant total des frais d'entretien et de service de la locomotive est d'environ 108 fr par semaine pour un service très dur.

Cette locomotive peut donc rendre des services importants dans les exploitations industrielles tant pour le service intérieur que pour les relations avec la gare. H. C.

Considérations générales sur les téléphones sur ligne télégraphique et description des appareils Castelli (1).

L'auteur étudie ici les appareils permettant d'établir une communication téléphonique en employant comme ligne un seul fil télégraphique actif et retour par le sol. Si le fil télégraphique n'est pas soumis à des effets d'induction, la solution est simple et l'appareil peut consister en un appareil téléphonique ordinaire monté en dérivation sur le circuit télégraphique avec interposition d'un condensateur et d'une inductance placée en série sur la ligne entre le poste téléphonique et le poste télégraphique voisin (fig. 1).

Supposons nulles les inductances i et i_1; quand on abaisse en A le manipulateur, le point d, très voisin de la pile, est porté presque instantanément au potentiel de régime, tandis que le point d_1, éloigné de la pile, atteint ce potentiel au bout d'un temps plus long à cause de la capacité de la ligne. L'abaissement du manipulateur A provoquera donc la charge instantanée du condensateur c à travers le téléphone t et la charge graduelle du condensateur c_1 à travers le téléphone

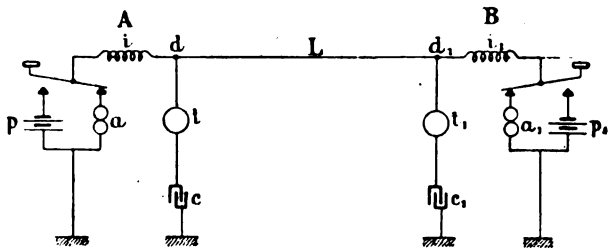


Fig. 1. — Cas d'un fil télégraphique non soumis à des effets d'induction.

t_1. Le téléphone t fera entendre un bruit sec tandis que t_1 restera silencieux. Le régime permanent établi, on soulève A; tous les points du circuit reviennent au potentiel zéro, de même les armatures des deux condensateurs : mais, par suite de l'impédance des appareils télégraphiques qui, dans ces conditions, se trouvent dans le circuit, les deux appareils téléphoniques resteront silencieux. Par conséquent si on veut que les courants de charge n'impressionnent pas les téléphones, on devra donc interposer les deux inductances i et i_1.

Le schéma de la figure 1 pourra permettre la conversation téléphonique sur une ligne télégraphique non soumise à induction, mais les appels devront se faire avec un courant alternatif de fréquence supérieure à ceux fournis par une magnéto ordinaire pour éviter de faire fonctionner les appareils télégraphiques. — Il est maintenant facile de se rendre compte de ce qui se produit quand le fil télégraphique est placé parallèlement à un autre C D (fig. 2). Quand C envoie

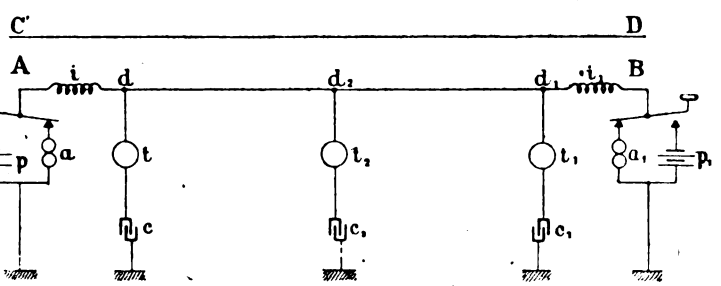


Fig. 2. Cas d'un fil télégraphique soumis à des effets d'induction.

un courant dans le fil C D, celui-ci a, dans les premiers instants, une valeur maximum en C et faible en D. Dans A B prennent naissance des forces électromotrices d'induction qui sont maxima en A et faibles en B. Les téléphones t et t_1 sont le siège de phénomènes analogues à ceux du cas précédent lorsqu'on abaissait A sans que les inductances i et i_1 fussent insérées. D'ailleurs, le fil C D peut représenter l'ensemble du réseau télégraphique monté sur le même support que A B, les forces électromotrices d'induction sont localisées vers les deux extrémités de A B. Il s'ensuit que, si on insère un troisième téléphone t_2 en dérivation sur A B, les téléphones des extrémités t et t_1 seront le siège de fortes perturbations, tandis que le téléphone intermédiaire t_2 le sera beaucoup moins. En interposant des inductances sur tous les fils C D il sera possible de réduire au minimum la perturbation sur A B. Ce moyen forme la base du premier système de téléphonie et télégraphie simultanées inventé par Van Rysselberghe en 1883. Une solution plus simple du problème est constituée par les systèmes Perego et Brunè-

(1) Regnoni, *Rivista tecnica delle Ferrovie italiane*, juillet 1917, n° 1, t. XII, p. 1-8, 9 800 mots, 12 fig.

Digitized by Google

Turchi qui agissent seulement sur les courants perturbateurs induits dans le fil AB.

Les inventeurs ont assimilé ces derniers à un courant alternatif de fréquence plus basse que celle du réseau téléphonique et ont imaginé des dispositifs permettant d'en effectuer la séparation. — M. V.-E. Castelli inspecteur principal des chemins de fer de l'Etat italien a construit deux appareils perfectionnés : l'un, d'un petit modèle pour les distances de quelques dizaines de kilomètres (sur fil de fer), l'autre de grand modèle pour les distances supérieures.

Nous nous bornerons à reproduire la description de ce dernier modèle représenté schématiquement par la figure 3.

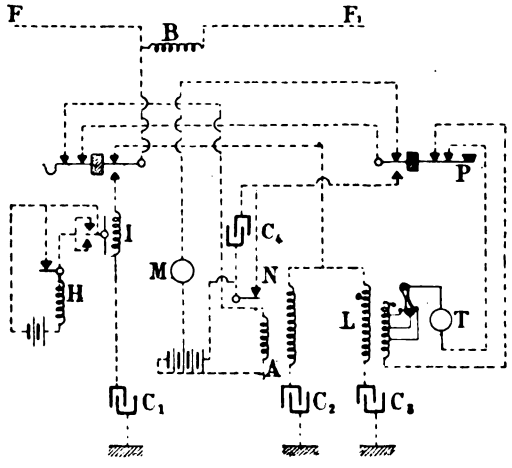


Fig. 3. — Appareil téléphonique Castelli pour réseau télégraphique (grand modèle).

Les appels se font par une sonnerie et leur réception a lieu dans une boîte séparée; ils sont atténués par un dispositif constitué par un petit transformateur réducteur L_1. Le condensateur C_3 évite la dérivation des courants télégraphiques à la terre. Le nombre des spires du secondaire du transformateur peut être modifié suivant l'induction.

La transmission de la parole s'effectue par un dispositif analogue à celui des téléphones ordinaires. L'appel se fait au moyen de courant alternatif à 100 p : sec obtenu par un vibreur P. Dans l'appareil récepteur, le courant d'appel traverse un relais polarisé I à haute inductance et va à la terre par le condensateur C_1.

L'armature du relais est mise en vibration et produit un contact intermittent qui provoque le fonctionnement d'une sonnerie à courant continu. La haute inductance des organes de réception d'appel présente l'avantage de permettre l'installation de plusieurs appareils sur la ligne sans perturbation sensible. Cet appareil a subi plusieurs modifications qui ont permis d'en simplifier encore la construction. Il a été expérimenté sur les réseaux télégraphiques à appareils Morse des chemins de fer de l'Etat italien sur des fils faisant partie de lignes de plusieurs dizaines de conducteurs, particulièrement entre Rome et Naples sur une distance d'environ 250 km (fil de bronze de 3 mm) et entre Rome et Avezzano (environ 100 km de fil de fer de 4 mm). Il convient en outre de noter que ces appareils permettent de relier téléphoniquement des localités entre lesquelles n'existe aucune communication télégraphique directe. En effet, pour passer d'un circuit télégraphique à un autre, il suffit d'une connexion très simple représentée par la figure 4. Cette connexion peut d'ailleurs être effectuée soit dans un poste où passent les deux lignes, soit sur les lignes mêmes en un point de croisement quelconque. L'auteur décrit ensuite l'appareil petit modèle

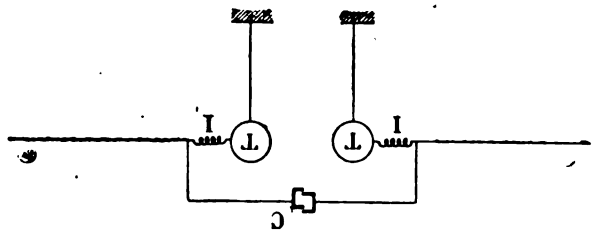


Fig. 4. — Connexions permettant de relier téléphoniquement deux réseaux télégraphiques.

spécialement étudié pour relier entre elles les stations consécutives d'une ligne de chemin de fer.

P. G.

Notes sur l'audion (1).

Il s'agit d'un certain nombre d'observations faites au Laboratoire naval radiotélégraphique des États-Unis, sur l'audion à filament de Forest Hudson.

La pression de gaz dans les détecteurs à audion est généralement inférieure à 0,001 mm de mercure. En substituant de l'azote à l'air, afin d'empêcher la destruction du filament, on a trouvé possible de construire des détecteurs de toutes pressions jusqu'à la pression atmosphérique. L'action à 3 mm est tout à fait normale. On produit aisément des oscillations locales et la sensibilité est aussi grande, aussi bien pour des signaux continus qu'amortis, tout comme à la pression habituelle. A 10 mm la sensibilité est à peu près normale, mais il devient plus difficile de produire des oscillations locales. Au voisinage de la pression atmosphérique on n'a observé aucune oscillation locale, et la sensibilité aux signaux à étincelle est beaucoup moindre qu'aux basses pressions. On perfectionnerait certainement ce cas en rapprochant les électrodes. Même avec la disposition ordinaire des électrodes, les variations des courants de la plaque et de la grille, dues aux ondes arrivantes, sont identiques à celles observées avec le vide habituel. Sous 200 v, le courant de la plaque s'élève à 20 ou 30 microampères.

Une autre série d'observations a été faite sur l'effet d'une tension de courant continu appliquée entre la grille et le filament sur les signaux de grille et de plaque. Par signaux de grille et de plaque on désigne les variations du courant de la grille et de la plaque provoquées par une force électromotrice alternative. Dans le cas de signaux de fréquences de radiotélégraphie on connecte un circuit fermé en concordance au filament et, à travers un condensateur, à la grille. Dans ce cas, le condensateur est shunté par un circuit contenant un potentiomètre permettant de faire varier le potentiel du courant continu de la grille et un galvanomètre pour mesurer ce courant. Dans le cas d'excitation à basse fréquence, on n'emploie pas de circuit en concordance, mais on connecte le filament à la grille à travers le potentiomètre à courant continu ci-dessus mentionné, à travers le galvanomètre, et aussi un potentiomètre alternatif à contact glissant qui indique quelle tension alternative on applique au circuit. Dans les deux cas le circuit de la plaque contient la batterie sèche habituelle d'environ 25 v, les téléphones et

(1) L.-W. Austin. *J. of the Wash. Acad. of Sciences*, 19 septembre 1917, p. 487, 1 fig.

Digitized by Google

le galvanomètre pour la mesure du courant de la plaque. Dans les observations représentées figure 1 la pression du gaz est la pression habituelle.

La figure représente les caractéristiques de la plaque et de la grille et aussi les signaux de la plaque définis ci-dessus. La force électromotrice alternative dans ce cas était 0,92 v à la fréquence de 60. Au voisinage d'une tension de courant continu nulle dans la grille, on observe l'habituelle augmentation du courant de la grille et la diminution du courant de la plaque, tandis qu'en changeant la tension de

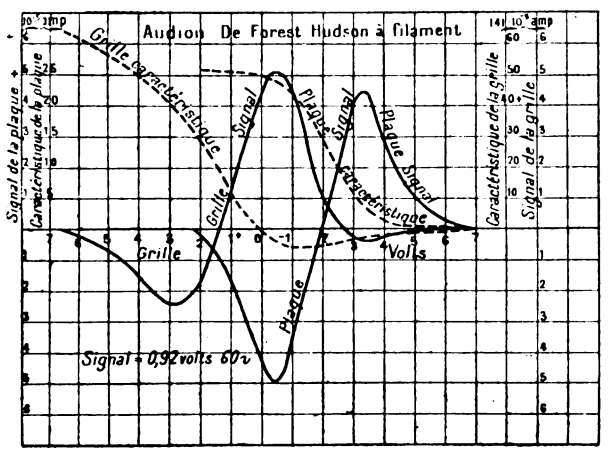


Fig. 1.

la grille, les signaux changent en amplitude et en signe. Ces changements peuvent apparemment s'expliquer par les variations de courbure des deux caractéristiques.

On obtient les mêmes courbes si on emploie des oscillations de radiotélégraphie non amorties de même intensité au lieu d'une fréquence de 60. Dans ce cas, le galvanomètre de la grille est shunté avec une faible résistance non inductive pour permettre le passage libre des oscillations. Ici le condensateur joue un faible rôle. Si, cependent, on place un mégohm en série avec le galvanomètre de la grille de façon à obliger les oscillations à traverser le condensateur, l'apparence des courbes change beaucoup. Le signal de la grille est positif et presque uniforme sur une grande échelle de la tension continue de la grille, tandis que le signal de la plaque est négatif excepté pour un fort courant de grille négatif où les deux signaux s'inversent légèrement.

P. V.

Caractéristiques de petites piles sèches (1).

Les deux caractéristiques les plus importantes des petites piles sèches, dites de poche, sont la propriété de fournir de la lumière pendant un intervalle de temps, soit la capacité, et la propriété de se maintenir intactes quand elles ne fonctionnent pas, soit la durée de vie propre.

La méthode utilisée par l'auteur et par d'autres fabricants pour l'étude de la capacité consiste à faire choix d'une résistance déterminée à travers laquelle on décharge la pile sèche et à noter le temps que met la tension à tomber d'une certaine valeur. La résistance moyenne des petites lampes pour pile étant d'environ 4 ohms, c'est cette valeur qu'on adopte comme résistance d'essai. On termine l'essai quand la tension aux bornes de la pile mise en circuit sur la résistance de 4 ohms est tombée à 0,5 v ; on considère que le courant est alors trop faible pour donner une lumière utile. Sous une tension d'un demi-volt par lampe, la lumière est faible quoique suffisante pour lire l'heure sur une montre.

Capacité. — On relie donc l'élément à une résistance de 4 ohms, et on continue la décharge jusqu'à ce que la tension tombe à 0,5 v. On note : la force électromotrice en circuit ouvert, le courant instantané de court-circuit sur un ampèremètre, la tension au moment où l'on met la pile sur la résistance de 4 ohms, et la tension toutes les heures ou toutes les demi-heures pendant la décharge. La durée des essais est de huit heures par jour. La plupart des piles tombent à 0,5 v pendant cette période de huit heures.

Durée de vie. — La plupart des fabricants jugent de la détérioration des piles avec le temps par la diminution de la force électromotrice en circuit ouvert.

Une méthode bien meilleure consiste à mesurer le courant instantané de court-circuit que donne la pile quand on la relie à un ampèremètre. Si le courant, de 8 a, quand la pile est neuve, tombe à 4 a après six mois, la dépréciation, au point de vue de la capacité, doit être considérée comme étant de 50 pour 100. Bien que la diminution de ce courant instantané de court-circuit ne soit pas exactement proportionnelle à la diminution de la capacité en ampères-heure, elle constitue néanmoins une meilleure indication que la chute de tension en circuit ouvert.

On note donc les valeurs initiales de la tension et du courant de court-circuit. On reprend les essais au bout de chaque mois. Pour les plus petits modèles la durée des essais est de six à huit mois ; elle peut atteindre une année pour les plus gros modèles. Au bout de ce temps, on détermine le pourcentage de la diminution du courant, ce qui, divisé par le nombre de mois, donne la diminution mensuelle.

Tension. — La tension initiale des piles sèches varie beaucoup moins que les autres constantes. Ainsi, les piles, dans le commerce, ont une tension comprise entre 1,45 et 1,55 ; elle peut même atteindre 1,6.

Récupération. — La propriété d'une pile de se restaurer, ou de donner à nouveau une bonne lumière après un certain temps de repos est considérée par quelques fabricants comme une propriété importante. Elle a moins d'importance pour d'autres. Elle peut être communiquée à un élément par certaines variantes dans les méthodes de fabrication. Ainsi une qualité de bioxyde de manganèse en plus gros fragments donne des propriétés de récupération plus nettes, qu'une qualité plus active en poudre très fine. On peut considérer en général qu'une pile possédant à un haut degré la propriété de se restaurer ne peut fournir du courant d'une manière permanente sans chute notable dans la tension.

Uniformité. — Ce serait un grand progrès pour un constructeur que de découvrir une méthode de fabrication permettant d'obtenir toutes les piles identiques aux meilleures. Quelques-unes des causes de variation sont connues. Les autres restent mystérieuses. Il n'y a pas de doute qu'un facteur important soit constitué par le soin que l'on apporte au choix et à la purification des matériaux, et surtout au montage. Une marque de piles, dont la vitesse de

(1) Burgess. *Electrician*, 17 août 1917, t. LXXIX, p. 786-987, 3 000 mots, 4 tab.

Digitized by Google

détérioration est relativement élevée, se présentera à la clientèle avec des variations plus notables qu'un produit à faible vitesse de détérioration, par suite de la détérioration qui a eu lieu entre la date de la fabrication et celle de l'emploi.

Le tableau suivant donne, d'après l'auteur, les constantes relatives à de bonnes piles pour diverses dimensions :

Dimension.	Capacité en minutes.	Détérioration mensuelle.
57,2 × 38,8 mm	960	inférieure à 4 pour 100
46,1 × 23,8	300	Id. 6 Id.
54 × 19,1	250	Id. 8 Id.
47,7 × 15-9	120	Id. 10 Id.
39,7 × 14,3	65	Id. 12 Id.
47,7 × 14,3	70	Id. 12 Id.

Dans la discussion qui a suivi la lecture du travail de M. Burgess, M. Gillinghan a fait remarquer que la décharge sur une résistance de 4 ohms ne conduit pas à la même durée que la décharge sur une petite lampe ordinaire de 0,35 A. La résistance de ces lampes pour la tension normale est d'environ 4 ohms, comme l'indique M. Burgess, mais à mesure que baisse la tension appliquée aux bornes de la lampe, la résistance diminue notablement, comme le montrent les données ci-dessous :

Tension par élément aux bornes de la lampe.	Résistance de la lampe en ohms par élément.
1,5	4,06
1,27 (tension normale)	3,72
1,0	3,32
0,5	2,40

Comme la tension de la pile pendant la majeure partie de la détermination de la capacité est bien inférieure à 1 v, il en résulte que 4 ohms constituent une résistance trop élevée par rapport à celle de la lampe.

D'après M. Gillingham, c'est pour une résistance de 2,75 ohms que l'on trouverait la même durée de décharge que sur une lampe de 0,35 A

La comparaison de deux piles différentes peut conduire à des résultats variables suivant que l'on effectue la décharge dans la résistance de 4 ohms ou dans celle de 2,75 ohms : comme cette dernière résistance est celle qui se rapproche le plus de celle de la lampe, il semble que l'on doive préférer les comparaisons effectuées sur elle

	Capacité sur 4 ohms.	Capacité sur 2,75 ohms.
Piles de 57,2 × 38,8 mm. Marque A.	894 min.	514 min.
Marque B.	589	381
Rapport A : B.....	1,52	1,35

M. Gillingham critique également la technique utilisée pour les essais. Il est impossible, par des essais continus ou sensiblement continus de courte durée, d'obtenir des données sur la valeur relative, en service, de deux marques différentes de piles.

Aucun consommateur n'utilise sa pile d'une manière continue. La plupart des piles sont destinées à demeurer en service 5 min. par jour et cela pendant une période de plusieurs mois. On réalise un essai beaucoup plus voisin des conditions réelles en déchargeant la pile 5 min. par jour. L'essai, ainsi réparti sur une période de plusieurs mois dans le cas des piles de poche des plus grands modèles, comprend les effets de capacité, de récupération et de détérioration en service. Il permet certainement de mieux apprécier la véritable valeur de la pile que tout essai rapide continu, et ses résultats peuvent être en opposition totale avec ceux d'un essai continu. Le tableau suivant montre les écarts entre les deux méthodes d'essai appliquées à un certain nombre de piles de provenances diverses (de 57,2 × 38,8 mm).

Marque de la pile.	Essai continu. (décharge sur 2,75 ohms jusqu'à ce que la tension atteigne 0,50 volt)	Essai intermittent 5 min. par jour. (décharge sur 4 ohms jusqu'à ce que la tension atteigne 0,50 volt)
A.....	542 minutes	450 minutes
B.....	463	81
C.....	381	660
D.....	515	577
E.....	509	473

Par exemple, la marque A, qui possède la plus grande capacité avec l'essai continu est inférieure aux marques C, D, E si l'on se rapporte à l'essai intermittent. La marque C qui se présente comme la meilleure dans l'essai intermittent apparaît comme médiocre en fonctionnement continu.

A. B.

Notes pratiques

Dispositif pour empêcher les oiseaux de mettre les lignes à terre (1). — L'appareil consiste en deux blocs de fibre de 6,3 × 12,5 × 1,25 cm, réunis par une barre de cuivre. On sait qu'en s'abattant sur les cornes des parafoudres, des oiseaux peuvent mettre les lignes à la terre à travers leur corps, et provoquer le déclanchement des appareils automatiques. Quand l'appareil ci-dessus mentionné est installé, les têtes des boulons maintenant la barre sont limées et on les recouvre de cire. Les bords intérieurs des blocs sont cannelés de façon à embrasser parfaitement les cornes. Pour les installer on écarte les bords des blocs, en forçant un peu la barre de cuivre; lorsque celle-ci revient à l'état normal elle contribue à presser fortement les blocs sur la corne. L'appareil est posé de façon que son bord inférieur soit situé le plus près possible de l'intervalle entre les cornes, les barres de cuivre étant à l'extérieur. La partie des cornes située au-dessus de l'appareil présente un espace trop large pour qu'un petit oiseau puisse provoquer des dérangements. — P. V.

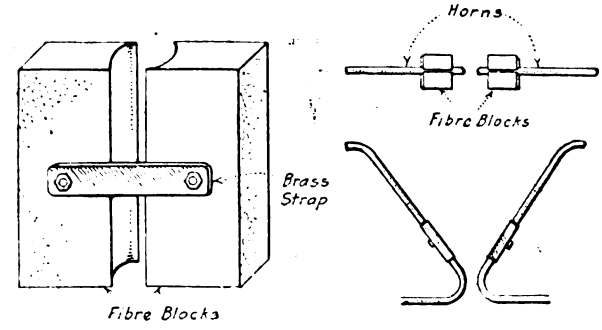


Fig. 1.

(1) T.-F. Johnson. *Electrical World*, 27 janvier 1917, t. LXIX, p. 184, 100 mots, 1 fig.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Sur l'influence allemande dans l'industrie électrotechnique suisse

Cet article, dû à un ingénieur suisse bien connu dans les milieux techniques et industriels français par ses études sur l'électrification des chemins de fer, vient d'être publié dans le « Bulletin de l'Association des Electriciens suisses », n° 12, p. 366-373. Son but est nettement défini par la note suivante du Secrétariat général de cette Association. « A diverses reprises, ces derniers temps, il a paru dans notre presse quotidienne des articles plus ou moins sensationnels parlant de la pénétration allemande dans l'industrie électrique suisse. Le Comité de l'Union des Centrales suisses d'Electricité a déjà eu l'occasion de répondre à un de ces articles rédigé en termes généraux et contenant des assertions fausses sur les usines suisses d'électricité. D'autres articles ont répandu sur nos usines électriques, d'électrochimie et d'électrométallurgie, ainsi que sur nos ateliers de construction de matériel électrique, en les désignant par leurs noms, les mêmes assertions sensationnelles et fausses, et le Comité de l'Association suisse des Electriciens a donc décidé de faire remettre les choses au point par une personne compétente et de publier le résultat de cette enquête par l'Association même. Cette décision trouve sa réalisation dans la publication ci-dessous ».

Divers journaux et revues suisses et étrangers ont publié ces derniers temps des articles tendant à démontrer l'extension de l'emprise allemande sur les grandes banques suisses, les entreprises suisses d'électricité ou d'électrométallurgie, les usines de construction de matériel électrique et les trusts pour entreprises électriques.

Beaucoup de chiffres contenus dans ces articles semblent fortement exagérés et il paraît indiqué de les soumettre à un examen sérieux.

Le problème est certes des plus ardus, car la documentation dont on dispose dans les archives les mieux constituées, est forcément incomplète. Les rapports des conseils d'administration aux assemblées générales des sociétés anonymes visées ne donnent que rarement des détails suffisants ; il est de plus très difficile de savoir dans quelles mains se trouve telle ou telle valeur mobilière, puisque nous n'avons en Suisse aucun moyen de le contrôler.

Quoique les grandes banques commerciales suisses ne nous intéressent que très indirectement, constatons d'abord que, contrairement aux assertions contenues dans la « Tribune de Genève » du 7 août 1917, aucune d'entre elles n'a de représentants allemands dans son conseil d'administration. De plus, il est impossible de prouver que des ressortissants allemands ou des établissements allemands soient intéressés dans les banques commerciales suisses. Nous savons par contre que, peu à peu, les actions de ces établissements qui pouvaient se trouver à l'étranger, sont rentrées en Suisse, soit par suite du change très favorable à la vente, soit à cause des prescriptions édictées par les gouvernements limitrophes.

A. Entreprises électriques. — Les sociétés visées sont celles d'Olten-Aarburg avec son usine d'Olten-Goesgen, Beznau-Löntsch, Rheinfelden et Laufenbourg.

1. Olten-Aarburg. — Capital-actions, 15 000 000 fr ; obligations, 15 000 000 fr.

La totalité de ces capitaux est, abstraction faite d'une quantité infime, dans des mains suisses. A fin mars 1917, le conseil d'administration était composé comme suit : Suisses, 11 ; Allemands, 2. Parmi les Allemands figure un administrateur qui ne représente pas un groupe allemand, mais la Société Motor, dont il est un des directeurs.

Cette entreprise possède deux usines sur l'Aar, l'une près de Ruppoldingen d'une puissance moyenne de 2 700 ch, l'autre près de Goesgen avec une puissance moyenne de 40 000 ch et pouvant être équipée pour 60 000 ch environ, qui vient d'être mise en exploitation.

Elle exportera en France de la force constante et de la force variable pour une puissance totale de 15 000 ch environ, qui seront portés plus tard à 20 000 ch et fournira aux usines de Waldshut appartenant à la Lonza une puissance maximum de 22 000 ch environ, comportant pour la plus grande partie des excédents d'énergie.

2. Beznau-Löntsch. — Cette société est devenue la Nordostschweizerische Kraftwerke S. A. (Usines électriques du nord-est de la Suisse.) Capital-actions, 18 000 000 fr ; obligations, 25 000 000 fr.

Les capitaux sont entièrement dans les mains de l'État, c'est-à-dire des cantons du nord-est de la Suisse, gouvernements cantonaux ou entreprises électriques cantonales.

Tous les administrateurs sont suisses.

D'après le tableau dressé par le Service des Eaux du département fédéral de l'Intérieur, les usines de Beznau-

Digitized by Google

Löntsch ont l'autorisation d'exporter en Allemagne environ 9 663 ch, dont 6 800 à la Lonza à Waldshut jusqu'à la mise en exploitation de l'usine en construction près d'Eglisau, et 6 000 ch à la France jusqu'au moment où cette énergie sera livrée par Olten-Goesgen. Or, non seulement ces usines n'utilisent pas cette autorisation d'exporter de la force, mais bien au contraire, leur production étant en ce moment insuffisante pour satisfaire les besoins suisses, elles absorbent environ 16 000 ch produits par l'usine de Laufenbourg et respectivement par l'usine de Olten-Goesgen. Quant à la fourniture des 6 000 ch à la France, elle est suspendue pour le moment à cause de la guerre qui a interrompu les lignes de transport.

3. Forces motrices de Rheinfelden, Grand-Duché de Bade. — Cette société, dont le siège est en Allemagne et le capital en marks, est sous le contrôle allemand. La Banque pour Entreprises électriques à Zurich détient à elle seule presque le quart du capital-actions qui est au total de 12 millions de marks. Il est probable que sur les trois autres quarts, un quart se trouve dans les portefeuilles allemands et le reste dans les portefeuilles de banques et particuliers suisses.

Les obligations ont été placées en majeure partie en Suisse.

Sur les 13 administrateurs qui constituaient le conseil en 1916, 14 sont allemands et 2 sont suisses.

Cette société possède deux usines : la première à Rheinfelden d'une puissance moyenne de 20 000 ch. L'acte de concession de 1894 prévoit que la moitié de la force constante doit être utilisée dans le grand-duché de Bade, l'autre moitié revenant à la Suisse. Si le grand-duché de Bade n'a pas emploi de toute sa part de force, le reste peut être mis à la disposition des industries sur territoire suisse, à condition que les contrats de vente d'énergie puissent être annulés moyennant un avertissement préalable de deux à cinq ans. La force variable, par contre, est entièrement réservée aux usines sur territoire badois.

La seconde usine, celle de Wyhlen (Bade) qui a un barrage commun avec celle d'Augst (Suisse) a une puissance moyenne de 15 000 ch, la force totale des deux usines Wyhlen et Augst de 30 000 ch étant répartie par parts égales entre les deux pays.

4. Forces motrices de Laufenbourg. — Capital-actions, 15 500 000 fr ; dettes en banques et créanciers, 27 952 611 fr.

La participation du capital allemand dans cette entreprise n'est pas exactement connue, mais elle peut être estimée à environ 60 pour 100 sous forme d'actions et d'avances en comptes courants.

Cette société, constituée le 10 février 1908, a son siège social à Laufenbourg, Suisse ; elle a également un siège juridique en Allemagne (Klein-Laufenbourg).

A fin 1916, son conseil était composé de 9 Suisses et 11 Allemands (1). Le président a toujours été suisse.

(1) Dont un directeur de la Banque pour Entreprises électriques à Zurich.

La capacité moyenne de l'usine est d'environ 45 000 ch. D'après l'acte de concession, la Suisse et l'Allemagne ont droit chacune à la moitié de la force constante. Quant à la force variable, une première tranche de 5 000 ch (1) est réservée à la Suisse, le reste est partagé par moitié entre les deux pays. Si toutefois l'un des deux pays n'en a pas l'emploi complet, le reste de la force lui revenant peut être utilisé par l'autre pays, à condition que les contrats de vente d'énergie prévoient la possibilité de reprendre la force après un avertissement préalable de quatre ans.

Conclusions. — Il résulte des renseignements ci-dessus, que

1° Les usines d'Olten-Aarburg et d'Olten-Goesgen sont suisses et livrent, ou livreront, une quantité très importante d'énergie constante et variable à la France et d'énergie, pour la plus grande partie inconstante, à l'Allemagne.

2° L'usine de Beznau-Löntsch, également suisse, a obtenu des autorisations d'exportation d'énergie électrique d'importance à peu près égale pour les deux groupes de belligérants ; elle n'en fait pas usage dans ce moment.

3° Les usines d'Olten-Aarbourg, Olten-Goesgen, Beznau-Löntsch et Augst échappent complètement au contrôle des groupes A. E. G. et Siemens.

4° Concernant les usines sur le Rhin, les concessions prévoient un partage à peu près égal de la force entre les deux pays frontières. Si, temporairement, l'Allemagne en absorbe une quantité plus grande, c'est que la Suisse n'en a pas eu l'emploi jusqu'ici.

5° Les usines de Rheinfelden et de Wyhlen sur territoire allemand appartiennent à une société allemande, celle d'Augst à la ville de Bâle. L'usine barrage de Laufenbourg appartient à une société mixte germano-suisse.

D'après le tableau des forces exportées de Suisse à fin octobre 1917, l'Italie et la France reçoivent ou recevront 71 306 ch et l'Allemagne 53 617. Toutes les autorisations d'exportation ont été accordées pour une durée relativement courte et il ne faut pas oublier que plusieurs usines importantes n'auraient pu être réalisées, si elles ne s'étaient assuré d'avance des recettes importantes par des contrats passés avec des sociétés étrangères de distribution d'électricité désireuses de substituer du courant hydraulique au courant créé par leurs usines à vapeur.

B. Entreprises électrométallurgiques (2). — ***1. Société pour l'industrie de l'aluminium, Neuhausen.*** — Capital-actions, 26 250 000 fr, obligations, 8 130 000 fr.

Déjà avant la guerre, la majorité des capitaux engagés

(1) Pour compenser l'avantage réservé à l'Allemagne dans la concession de Rheinfelden de 1894, au sujet de la force variable.

(2) Sociétés visées : Aluminium Neuhausen, Lonza, Bodio.

Digitized by Google

dans cette entreprise étaient suisses et, dès le début de 1915, une bonne partie des actions qui se trouvaient encore en Allemagne a été rapatriée à la faveur du change. De plus, il ne faut pas oublier qu'au début de 1914, le capital versé n'était que de 15 milllons ; le solde a été prélevé sur les bénéfices accumulés, le dividende ayant été stabilisé à 20 pour 100. La participation financière de l'Allemagne dans le capital-actions peut être évaluée au maximum au tiers de 1915 tandis que la presque totalité de la dette obligataire a été contractée en Suisse.

Voici la composition du conseil d'administration à différentes époques :

	Fin 1908	1914	1916
Empires centraux.....	9	6	5
Suisses.....	3	6	9
Total	12	12	14

La Société de l'Aluminium n'appartient à aucun groupe spécial, mais la haute finance allemande y est représentée par la Deutsche Bank, la Berliner Handelsgesellschaft, etc. L'A. E. G. a aussi joué un rôle important dans sa constitution et son développement.

La Société disposait, d'après le dernier prospectus officiel émis en juin 1914, de 95 840 ch hydrauliques; la totalité de ces chevaux n'était pas complètement installée. Depuis, le chiffre a probablement été légèrement augmenté.

Voici le détail de ces forces :

4 000 ch.....	Neuhausen.
5 040	Rheinfelden.
7 500	Lend.
4 300	Rauris-Gitzloch.
25 000	Chippis.
30 000	Navisance
20 000	Borgue.
95 840 ch.	

Les usines de Rheinfelden, Lend et Rauris, d'une puissance totale de 17 000 ch, se trouvent dans les pays du Centre. Les forces motrices travaillant pour les Empires centraux peuvent être évaluées à 60 000 ch. (Ceci sous toutes réserves.)

En prenant en considération les chiffres précités, il ne faut pas oublier qu'à fin 1916 le total du prix d'achat des immobilisations de l'aluminium s'élevait à 62 113 604 fr, dont 43 650 480 fr étaient amortis. Donc, valeur au bilan, 18 463 124 fr.

Sur ce montant, il avait été dépensé :

4 837 385 fr pour Neuhausen, 44 108 476 fr pour Chipis-Vex, 48 945 861 fr pour le total en Suisse.

Le solde, soit 13 167 743 fr, est représenté par les participations de :

Rheinfelden, 5 916 338 fr; Lend-Rauris, 7 251 405 fr; en Allemagne et en Autriche.

En outre, le total des participations dans des sociétés subsidiaires, savoir : 26 822 442 fr, amorti jusqu'à concurrence de 5 507 798 fr, représentait 14 679 220 fr en Allemagne et en Autriche-Hongrie et 12 143 222 fr en France.

Nous ne sommes pas renseignés sur la capacité de production des usines suisses, mais l'Aluminium Neuhausen jouissant d'un monopole pour cette fabrication en Suisse (abstraction faite de la production relativement faible de la Société Giulini à Martigny), il est intéressant de relever la progression suivante des ventes d'aluminium à l'étranger (exportations) au cours des cinq dernières années :

Aluminium.	1916	1915	1914	1913	1912
	en millions de francs				
Exportations.....	49,46	37,40	14,88	13,46	13,89
Importations.....	0,81	0,52	1,49	1,78	1,57
Excédent des exportations.....	48,65	36,88	13,39	11,68	12,42

Voici les principaux pays de destination :

	1916	1915	1914	1913	1912
	en millions de francs				
Allemagne.....	44,02	34,88	11,91	8,99	11,48
Autriche-Hongrie..	0,63	0,67	0,19	0,22	0,22
France	2,29	0,98	0,26	0,41	0,22
Italie.....	1,42	0,18	0,43	0,33	0,59
Angleterre.....	0,15	0,13	0,08	0,07	0,01

La rapide progression ressort encore plus nettement du tableau suivant :

Exportations globales d'aluminium en millions de francs.

1911.....	7	1914.....	15
1912.....	14	1915.....	37
1913.....	13	1916.....	49

2. *Usines électriques de la Lonza, Bâle et Gampel (Valais).* — Capital actions, 18 000 000 fr; obligations, 15 000 000 fr.

Dans nos calculs, nous ne tenons compte que d'une dette obligataire de 9 000 000 fr, l'emprunt 1917 (6 000 000 fr), de même que l'émission d'actions actuellement en cours étant effectués dans des buts nettement et spécifiquement suisses. Le capital suisse a, à notre avis, toujours joué un rôle prépondérant dans cette affaire.

Voici la composition du conseil d'administration à différentes époques :

Au 30 juin	1917	1916	1914	1910	1906
Empires centraux.....	3	3	4	3	2
Suisses.....	6	6	6	8	6
Total.....	9	9(2)	10(1)	11(1)	8

La direction commerciale est entre les mains d'un Allemand, la direction technique entre celles d'un Italien. La question de nationalité n'a joué aucun rôle dans leur engagement.

De ce qui précède, on verra que l'influence suisse a toujours été prépondérante dans cette affaire, bien qu'il faille dire que les porteurs allemands disposent de postes d'actions importants.

(1) Il y avait un Français.
(2) Le membre français a démissionné au cours de l'exercice 1914-1915.

Digitized by Google

La Lonza ne possède pas de forces propres à l'étranger. Ses usines de force sont toutes situées en Suisse, savoir :

A Gambel et Viège (Valais), Thusis (Grisons) et Chèvres (Genève).

La Société dispose d'environ 60 000 ch, chiffre qui va être largement augmenté au cours des prochaines années, ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut.

Les immobilisations proprement dites figurent dans le bilan définitif du 30 juin 1917 pour 26 819 869 fr, somme dont il faut déduire le fonds d'amortissement de 4 507 996 fr. Le total des immobilisations nettes est de 22 311 873 fr.

Tout ce capital est investi en Suisse.

Par contre, la Société est intéressée en Allemagne à une filiale à Waldshut avec usines à Waldshut et Spremberg. Le capital de cette filiale était d'abord d'un million de marks, chiffre augmenté dans la suite. Il est probable que tout ce capital est entre les mains de la Société mère. Mais nous ne savons pas pour quelle valeur ce chiffre figure au bilan; nous ne connaissons pas non plus le montant des avances (en comptes courants) de la Société mère, la Société ne publiant aucune donnée y relative. Assumons (sans preuve à l'appui) une participation globale en Allemagne de 5 000 000 fr en chiffres ronds.

Nous concluons donc que la presque totalité des capitaux *allemands* investis dans la Lonza se trouve actuellement employée en Allemagne, tandis que la presque totalité des capitaux suisses est engagée en Suisse et en France. La dette obligataire de la Lonza a été intégralement contractée en Suisse.

Ajoutons que, financièrement parlant, la société est beaucoup plus fortement engagée en France qu'en Allemagne (Bozel, etc.).

Les 60 à 65 pour 100 de sa production prennent probablement le chemin des empires du Centre depuis la guerre. Mais elle livre également en France, si l'on en juge par la statistique du commerce extérieur suisse pour les dernières années.

Exportations des usines électrométallurgiques suisses en :

	1916	1915	1914	1913	1912
	en millions de francs				
Carbure de calcium...	17,38	12,48	7,83	7,01	7,35
Ferro-silicium.....	16,27	10,08	6,72	7,29	6,43
Total.....	33,65	22,56	14,55	14,30	13,78
dont envoyés en					
1. Allemagne	25,06	19,84	11,05	9,55	8,55
2. Autriche.....	4,81	1,17	1,48	1,97	1,17
3. France.....	2,87	0,002	0,06	0,19	0,04
4. Italie.....	0,02	0,05	0,02	0,02	0,04

La société ne jouit pas d'un monopole pour les articles de sa production.

La Lonza ne fait partie d'aucun groupe électrique. Elle est absolument indépendante de toute ingérence de la haute banque ou de la grande industrie allemande. La participation de capitalistes bavarois et autrichiens s'explique historiquement.

3. Gotthardwerke A-G. für elektrochemische Industrie, Bodio (Tessin). — Capital-actions 2 000 000 fr.

Il s'agit d'une entreprise à laquelle le groupe de la Société « Motor » est intéressée. Le capital a été souscrit en son temps moitié par ce trust et moitié par un groupe allemand. Il n'est donc pas surprenant qu'une grande partie de la production (ferro-silicium, carbure, etc.) absorbant un puissance moyenne de 16 500 ch prenne actuellement le chemin de l'Allemagne. Les Gotthardwerke sont indépendants des groupes allemands A. E. G. et Siemens.

4. Autres usines de produits électrochimiques et électrométallurgiques. — A Bodio également se trouve l'usine des Carbures du Day qui absorbe environ 7 500 ch. moyens fournis, comme pour les Gotthardwerke, par les Usines électriques Tessinoises et qui travaille uniquement pour l'Entente. Il en est de même de plusieurs usines électrométallurgiques et électrochimiques de la Suisse romande, dont la puissance totale peut être estimée avec les 7 500 ch ci-dessus à 43 500 ch moyens.

Conclusions relatives aux exploitations électriques et sociétés électrométallurgiques suisses. — En additionnant le nombre des chevaux exportés de la Suisse dans les empires centraux à celui des chevaux utilisés dans les usines électrométallurgiques suisses pour des produits vendus aux mêmes pays, on arrive à un total d'environ 164 000 ch contre environ 114 500 ch qui seront exportés de la Suisse dans les pays alliés ou qui travaillent en Suisse pour les Alliés. Ce dernier chiffre s'augmentera, dans quelques mois, d'environ 3 750 ch moyens par la mise en service d'une usine dans le canton du Tessin et dans une époque pas trop éloignée, d'environ 20 000 ch, pour passer à 138 250 ch, par la création d'une usine sur le Rhône franco-suisse.

On voit donc que l'article de la « Vita Italiana » reproduit dans la « Tribune de Genève » du 7 août est entaché d'erreurs graves, provenant d'une connaissance incomplète des groupements allemands et de leur zone d'influence, ainsi que d'une étude très superficielle de la situation financière, du champ d'activité et des concessions de nos entreprises suisses.

Il est donc complètement inexact de dire que le groupe A.E.G.—Rathenau contrôle en Suisse 276 000 ch travaillant pendant vingt-quatre heures par jour pour l'industrie allemande.

C. Industrie des Machines. (1) — *1.S.-A. Brown, Boveri et Cie, Baden.* — Capital-actions, 36 000 000 fr; obligations 23 540 000 fr; total 59 540 000 fr.

Voici la composition du conseil à différentes époques :

	1917	1916	1915	1913
Allemands.....	—	—	3	4
Suisses.....	10	10	10	9
Total.....	10	10	13	13

(1) Sociétés visées : Brown, Boveri et Cie, S. A. à Baden et Escher, Wyss et Cie, à Zurich.

Digitized by Google

Fondée en 1891, la maison Brown, Boveri et Cie, trouva ses premiers appuis financiers en Suisse d'abord, puis en France. L'adjudication des installations de Francfort en 1913, favorable à Brown, Boveri et Cie, plaça cette maison au premier rang des maisons de construction de matériel électrique et lui créa des relations industrielles mondiales. Au point de vue financier, elle fut appuyée par Baden, Zurich, Winterthour et Francfort (groupe représenté par M. Roediger). En 1900, la Société en commandite fut transformée en société anonyme dont le premier conseil contenait cinq Suisses et deux Allemands.

L'A. E. G. se ressentant de la concurrence de B. B. C. chercha à s'en rendre maîtresse en acquérant des actions B. B. C. en échange d'actions A. E. G. et ayant avec B. B. C. des administrateurs communs. Malgré ses efforts l'A. E. G, ne put faire de B. B. C. une succursale et il ne resta plus dans le conseil de Baden que M. le Dr Walther Rathenau qui représenta jusqu'en 1914 la Banque pour Entreprises électriques de Zurich, création de l'A. E. G. Aucune mention n'est faite dans le rapport de B. B. C. des causes de sa démission, mais on peut supposer qu'elle a été la conséquence de son entrée dans le conseil de l'A. E. G. dont il est devenu président à la mort de son père qui en était le fondateur.

Au 1er avril 1917, le total des participations, pour la plupart probablement situées à l'étranger, s'élevait à 26 103 889 fr. Sur ce montant, assumons que 15 000 000 fr environ sont investis en Allemagne; nous donnons ce chiffre sous réserve, ne possédant pas de donnée plus exacte. Mais ce qui, pour nous, paraît certain, c'est que le capital allemand investi dans la Société Brown, Boveri, dont les actions sont cotées en Allemagne, est sensiblement inférieur à ce chiffre, surtout étant donné le rapatriement de gros postes d'actions autrefois détenues en Allemagne, et rentrées à la faveur du change. Il est donc, à notre avis, parfaitement inexact de parler d'un rôle allemand dans cette entreprise, bien qu'il soit certain que les Allemands ont cherché, surtout le groupe de l'A. E. G,, à amener cette vaste entreprise indépendante dans leur orbite. Il est connu que les usines de Baden n'ont jamais travaillé pour l'industrie de guerre, exception faite pour la Suisse, et qu'elles se sont bornées à la production de leurs articles courants. Elles ont ainsi pu s'assurer une complète indépendance économique même pour l'après-guerre. Par contre, il serait surprenant que les sociétés subsidiaires et les entreprises auxquelles la Brown, Boveri est intéressée en Allemagne, en Autriche, en France et en Italie n'aient pas travaillé pour la défense nationale des pays dans lesquels elles se trouvent.

2. Escher, Wyss et Cie, S. A., Zürich. — Capital-actions 6 500 000 fr. Obligations 6 000 000 fr. Total 12 500 000 fr.

Cette société a été pendant longtemps sous l'influence directe du groupe allemand Lahmeyer-A. E. G., qui disposait de la majorité du capital-actions et de la majorité des membres du conseil. Cette situation s'est totalement modifiée au cours des douze derniers mois.

Voici la composition du conseil à différentes époques

	1917	1914	1911	1901
Allemands.....	1	3	5	3
Suisses.....	11	5	6	6 (1)
Total.....	12	8	11	9

Bien que ne disposant jamais de la majorité du conseil; les Allemands ont joué un rôle important dans la Société Escher, Wyss jusqu'en 1916-1917, date à laquelle un groupe de banques et particuliers suisses a racheté la presque totalité des titres Escher, Wyss, qui se trouvaient être en les mains du groupe A. E. G.-Lahmeyer. Depuis, la société a absolument reconquis son indépendance.

E. Tissot,
Administrateur-délégué de la Banque suisse des Chemins de fer à Bâle.

Assemblées générales

Omnium Lyonnais des chemins de fer et tramways.

Assemblée générale ordinaire du 26 novembre 1917.

Après avoir, pendant ces trois années de guerre, observé une politique d'attente imposée par les événements, cette Société, dont le fonds de roulement s'élève actuellement à plus de 7000000 de fr, s'est assurée les moyens de prendre une part aussi large que possible à la renaissance industrielle qui suivra la paix; c'est dans ce but qu'elle a pris des options sur des lots importants d'actions émises par la Société anonyme Westinghouse pour l'agrandissement des usines du Havre.

Le rapport du Conseil d'administration donne quelques détails sur la situation des diverses compagnies auxquelles l'Omnium lyonnais est intéressé; notamment : le Chemin de fer électrique souterrain Nord-Sud de Paris; la Société franco-italienne du Chemin de fer Métropolitain de Naples dont les travaux sont arrêtés depuis août 1914; la Compagnie des Chemins de fer à voie étroite de Saint-Etienne, Firminy, Rive-de-Gier et extensions dont la situation est prospère; les tramways d'Avignon dont les bénéfices sont presque le double de ceux de l'année 1915; les Chemins de fer sur routes d'Algérie, dont les bénéfices augmentent régulièrement chaque année, sauf toutefois pour le dernier exercice où ils sont un peu inférieurs à ceux de l'exercice 1915; la Compagnie genevoise de tramways électriques en augmentation de recettes.

Le rapport fait part aux actionnaires des pourparlers engagés entre les sociétés filiales de tramways et les muni-

(1) Dont un habitant l'Allemagne.

Digitized by Google

cipalités avec lesquelles elles ont des contrats pour conclure des accords provisoires en vue de faire face aux charges subies par elles par suite du renchérissement continuel de toutes choses.

Les produits de l'exercice 1916-1917 s'élèvent à 1 127 162,01 fr, en augmentation de 45 055,73 fr sur ceux de 1915-1916; il faut en déduire les frais généraux, 336 225,51 fr, plus élevés que ceux de l'année précédente par suite des relèvements de traitements et indemnités de vie chère. Le bénéfice est donc de 790 936,50 fr, auquel il faut ajouter 50 254 fr de report de l'année précédente; le solde créditeur se trouve ainsi être de 841 191,49 fr.

L'assemblée décide de verser 7 fr de dividende par action de 100 fr.

BILAN AU 30 JUIN 1917.

Actif.

	fr
Immeuble	700 000 »
Caisse, provisions, coupons	7 926 973.88
Débiteurs divers	2 114 784,58
Portefeuille filiales	3 840 796 »
Actions	6 545 199,80
Obligations	1 139 161,50
Etudes, usine, premier établissement, mobilier	4 »
	21 266 919,76

Passif.

	fr
Capital	10 000 000 »
Créanciers divers	1 950 875,93
Titres à libérer	2 969 250 »
Coupons Omnium lyonnais	101 432 »
Réserve légale	494 542,42
Fonds de prévoyance	5 000 000 »
Compte provisions	909 627,92
Bénéfice net de l'exercice 1916-1917	709 936,50
Report précédent	50 254,99
	22 266 919,76

Omnium Français d'électricité.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 6 DÉCEMBRE 1917.

Après deux ans de suspension partielle les affaires de la Société ont repris leur cours, et le résultat de l'exercice 1916-1917 se rapproche de celui d'avant-guerre (1913-1914).

Parmi les affaires réalisées durant le dernier exercice, le rapport du Conseil d'administration signale : la création dans la Sarthe d'une importante filiale, la « Société des forces motrices de la Rochelle et Quincampoix » dans le but d'utiliser les chutes de l'Huisne; la constitution dans le secteur de Meaux d'une coopérative en vue du labourage électrique. En outre, une importante affaire de distribution destinée à alimenter en énergie et en traction électrique tout un département est en négociation.

L'assemblée décide de prélever sur le solde bénéficiaire de 192 514,14 fr : d'une part, 9 625,70 fr pour versement de 5 pour 100 à la réserve légale; d'autre part, 120 000 fr pour dividende de 5 pour 100 aux actionnaires; sur le reste, 62 888,44 fr, il sera distribué 10 pour 100 au Conseil d'administration et un dividende supplémentaire de 2 fr aux actionnaires, soit 7 pour 100, en échange du coupon n° 5.

Le solde, 8 599,59 fr, augmentera le compte provisions pour amortissements qui sera porté à 685 927,99 fr. Le report à nouveau sera de 131 014,63 fr, soit la même somme que le report des exercices précédents.

BILAN AU 30 JUIN 1917.

Actif.

	fr
Frais de constitution, mobilier, fonds de commerce, immeuble	142 167,90
Portefeuille et participations	1 642 788,92
Secteurs en propriété	595 986,18
Travaux en cours	149 449,53
Magasins	13 283,95
Secteurs en voie de constitution	769 316,66
Installations en préparation	61 688,34
Débiteurs divers	1 264 880,53
Caisses, banques, effets	1 078 342,93
	5 717 904,94

Passif.

	fr
Capital	2 400 000 »
Obligations	352 500 »
Réserve légale	48 085,52
Réserve extraordinaire	65 000 »
Provisions pour amortissements	677 328,40
Travaux en cours et risques de guerre	237 097,15
Créances	1 614 365,10
Report de l'exercice précédent	131 014,63
Bénéfices	192 514,14
	5 717 904,94

Revues, analyses et informations

La convention entre la Suisse et l'Allemagne.

La nouvelle convention passée par la Suisse avec l'Allemagne pour son approvisionnement en charbon, fer et acier, expirera le 30 avril 1918, mais elle pourra être dénoncée par l'une ou l'autre des parties, en prévenant deux mois à l'avance. Comme cela existait pour la précédente convention, l'Allemagne ne prend aucun engagement ferme pour ces fournitures; elle accorde simplement des autorisations d'exportation pour 20 000 t de charbon et 19 000 t de fer par mois, « elle fera tout son possible, dans les circonstances actuelles, pour procurer du fer et du charbon à la Suisse ».

Le prix du charbon est fixé à 90 fr : t, pris sur le carreau de la mine; ce prix comprend les impôts et si de nouveaux impôts sont appliqués, ce sont les fournisseurs qui les supporteront. Il ne pourra y avoir élévation des prix de transport que dans le cas de nouveaux tarifs généraux pour le trafic intérieur en Allemagne.

La Suisse devra consentir à l'Allemagne un prêt mensuel d'autant plus élevé que la quantité de charbon fournie dans le mois précédent sera plus grande. Il sera de 20 millions de francs pour 200 000 t; de 11,25 millions pour 150 000 t; de 4,5 millions pour 100 000 t. Si la fourniture est inférieure à 74 000 t, aucun prêt ne sera exigé. Si le crédit n'est pas accordé, le prix du charbon pourra être augmenté.

Pour la répartition du fer importé, l'Office central qui en était chargé est remplacé par une organisation de l'État.

Les prix du fer sont augmentés considérablement par l'Allemagne et il est stipulé explicitement que ces prix, considérablement plus élevés qu'en temps de paix (le fer de Luxembourg-Lorraine qui coûtait pris à l'usine 730 marks la tonne coûtera 5 100 fr en argent suisse sont applicables aux anciens contrats. Même pour les fers livrés au mois d'août, l'acheteur suisse doit payer un supplément de 2 000 fr par wagon de 10 t, supplément qui est environ trois fois plus grand que le prix de la marchandise en temps normal.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant.

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF : Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 3. — 19 JANVIER 1918.

Chronique. — Emploi de condensateurs au papier pour améliorer le facteur de puissance. — Unification des tensions de distribution et de transmission. — Légion d'honneur. — « La C. E. M. et l'Etirage », p. 81-82.

Section scientifique et technique. — La tarification de l'énergie électrique eu égard au cosinus φ de l'abonné, par P. BOUCHEROT, p. 83. — Revues analyses et informations : Les rayons X et la guerre, p. 89 ; L'aimantation par rotation du fer, du nickel et du cobalt et la nature de la molécule magnétique, p. 91 ; Inflammation par étincelles, recherches sur l'effet de l'intensité de l'étincelle sur l'inflammation des machines à combustion interne, p. 92.

Section industrielle. — Les bronzes d'aluminium, par Jean ESCARD, p. 93. — Calcul des résistances de décharge, par Paul GIRAULT, p. 102. — Revues, analyses et informations : Prescriptions suisses concernant la livraison et les essais des lampes à incandescence, p. 104 ; Lignes de transmission aériennes à haute tension, p. 106 ; Eclateurs à boules pour parafoudres, p. 109 ; Les avantages de la cuisine électrique pour les abonnés et pour les secteurs, p. 110 ; Relèvement du prix de l'électricité, à Cognac, p. 111. — Notes pratiques : Démarrage d'un moteur à gaz par alimentation de la génératrice qu'il entraîne, p. 112 ; Règles pour le calcul pratique des canalisations intérieures, p. 112.

Section économique et financière. — Assemblées générales. Compagnie électrique de Montou ; p. 113 ; Société industrielle des Téléphones, p. 113 ; Compagnie pour la fabrication des compteurs et appareils d'usines à gaz, p. 114. — Revues, analyses et informations : Chambres de commerce, p. 114.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : Le nouveau cahier des charges type pour la concession des voies ferrées d'intérêt local, p. 115 ; Les saisies et les ventes effectuées en pays ennemis, dans les territoires occupés par l'ennemi et en Alsace-Lorraine, p. 119 ; Décret portant application à l'Algérie de la loi du 30 novembre 1916, autorisant l'approbation, par simple décret, des accords conclus entre les concessionnaires des voies ferrées d'intérêt local et l'autorité concédante pour la modification des contrats de concession, p. 120.

Emploi de condensateurs au papier pour améliorer le facteur de puissance. — Dans l'article qui est publié page 83 de ce numéro, M. Boucherot expose magistralement l'importance de plus en plus grande que prend le facteur de puissance dans les distributions d'énergie et la nécessité où l'on se trouve de l'améliorer ou tout au moins d'intéresser l'abonné à son amélioration.

Bien des solutions ont été proposées dans le but de fournir aux réseaux à courants alternatifs en des points convenablement choisis le courant magnétisant nécessaire.

Tantôt c'est par l'emploi de moteurs synchrones surexcités ou tantôt c'est par l'usage de condensateurs synchrones que l'on a pu arriver à obtenir des résultats intéressants. Ces derniers appareils notamment sont assez séduisants puisqu'ils ne possèdent qu'un mouvement oscillant qui en rend l'entretion aisé et la mise en marche plus facile.

Cependant, les condensateurs ordinaires constituent toujours la solution la plus simple, mais jusqu'ici elle n'a pas paru être la plus pratique à cause des aléa que présentent la fabrication de ces appareils et surtout leur fonctionnement avec le temps.

Bien des condensateurs placés en expérience sur les premiers réseaux à courants alternatifs ont été mis hors de service au bout de quelques mois sans que l'on ait pu attribuer à des surtensions le perçage de leur diélectrique.

Il semble plutôt qu'il y ait une modification moléculaire de l'isolant qui le rend à la longue moins apte à fournir le travail auquel on le soumet.

Cependant, à notre avis, la question pourrait être reprise dès maintenant puisque l'industrie téléphonique a provoqué la fabrication de condensateurs spéciaux au papier qui, sous un volume très réduit (environ 24 cm³ par microfarad), permettent d'obtenir des capacités relativement élevées tout en supportant l'application des courants alternatifs à la tension de 120 v. Ces condensateurs en série avec une sonnerie polarisée fonctionnent aujourd'hui au nombre de plusieurs *centaines de mille* sur les réseaux à batterie centrale où ils servent de « filtre » aux courants alternatifs que l'on superpose au courant continu sur les fils de ligne au moment de l'appel. C'est dire assez que leur construction est devenue d'un usage courant et que leur « solidité électrique » est acquise. Nous en donnerons, du reste, un exemple qui nous est personnel : Ayant été amené à faire des essais qui n'ont rien de commun avec le sujet ci-dessus, nous avons laissé en permanence en circuit pendant

Digitized by Google

trois mois entre deux fils de phase à 120 v d'un réseau triphasé à 50 p : sec une batterie de 50 condensateurs de 2 microfarads du modèle téléphonique, et durant ce laps de temps, nous n'avons pas eu à déplorer la mise hors de service d'aucun de ces petits appareils. Le courant pris par cette batterie de 100 microfarads était absolument en quadrature ainsi que nous avons pu nous en assurer, la perte par défaut d'isolement étant complètement négligeable. Il est donc permis de penser que la construction actuelle des condensateurs a fait d'assez grands progrès au point de devenir une fabrication industrielle.

Du reste, notre excellent confrère « The Electrician » vient de publier, dans un de ses derniers numéros, une étude (dont la « R. G. E. » donnera un extrait) résumant le mode de fabrication de ces condensateurs au papier et l'organisation pratique d'une batterie capable de relever le facteur de puissance d'une installation de 100 kw de 0,7 à 0,95.

Le fait de subdiviser la capacité en condensateurs élémentaires a pour avantage d'éviter des frais relativement élevés de réparation dans le cas d'un condensateur unique ; de plus, cela montre que l'on pourrait créer pour les centrales un modèle uniforme de condensateur dont il suffirait d'accoupler en parallèle un nombre plus ou moins grand suivant la valeur du facteur de puissance à relever. Ces appareils inertes et à bon rendement ont l'avantage de pouvoir être placés n'importe où, dans une cabine de transformateur ou le plus près possible des moteurs asynchrones dont ils assureront la fourniture en courant magnétisant.

Nous exposons là simplement une idée qui vient, nous semble-t-il, à son heure, espérant que nos constructeurs poussés par les centrales dont c'est l'intérêt, sauront bientôt « boucher ce trou » de l'industrie électrique. — A. SOULIER.

Unification des tensions de distribution et de transmission. — Nos lecteurs trouveront dans ce numéro, aux pages 8-9 et 13-15 du fascicule « Union des Syndicats de l'Électricité » d'intéressants renseignements sur cette importante question qu'étudient depuis plusieurs mois divers comités et groupements : Comité permanent d'Électricité, Comité électrotechnique français, Syndicat professionnel des producteurs et distributeurs d'Énergie électrique, Société hydrotechnique, etc.

Ainsi qu'on le verra, la Commission nommée en vue de cette étude par le Syndicat professionnel des producteurs et distributeurs d'énergie électrique, commission composée de MM. Bizet, Brylinski, Berthelot, Legouez et G. Cordier, propose l'adoption des valeurs suivantes : 115, $115.\sqrt{3} = 200$, 230, 460, 500, 1 000 v pour les tensions de distribution ne dépassant pas 1 000 v ; 115, 230 et 460 v se rapportant aux réseaux à courant continu, 115 et 230 v aux réseaux à courant alternatif simple. 115, 200, 500 et 1 000 v aux réseaux à courants triphasés.

Pour les tensions comprises entre 1 000 et 30 000 v, elle conseille l'adoption des valeurs :

3000, 5000, 10000, 15000, 22000, 30000 v

Pour les tensions de transport d'énergie, la Commission propose :

45000, 60000, 75000, 90000 v.

Légion d'honneur. — Nous apprenons avec plaisir la nomination au grade de chevalier de M. A. MAUDUIT, professeur d'Électrotechnique à la Faculté des Sciences de Nancy, capitaine territorial du Génie.

Cette nomination est accompagnée de la citation suivante : « Officier d'un dévouement absolu et d'une activité remarquable. A su appliquer, dans les meilleures conditions pratiques aux besoins de l'armée, ses connaissances fort étendues en électricité et en mécanique ; a ainsi rendu des services distingués. »

Les travaux de M. Mauduit en électricité sont bien connus de nos lecteurs tant par les ouvrages qu'il a publiés (Machines électriques, La commutation dans les dynamos à courant continu, Electrotechnique appliquée) que par les divers articles et mémoires que, depuis 1899, il a fait paraître dans « L'Éclairage électrique », « La Revue électrique », « La Lumière électrique » et le « Bulletin de la Société internationale des Électriciens ». Aussi sommes-nous certain d'être l'interprète des ingénieurs électriciens en adressant au savant et dévoué professeur de l'Institut électrotechnique de Nancy, nos chaleureuses félicitations pour la distinction honorifique, si bien méritée, qui vient de lui être accordée.

« **La C. E. M. et l'Etirage.** » — Tel est le titre d'un Bulletin que publient, chaque quinzaine, la Compagnie électromécanique et sa filiale, la Société L'Etirage, en vue de faire connaître rapidement à leur personnel les nouvelles qu'elles reçoivent de ceux qui sont actuellement mobilisés. Chaque numéro contient une liste des changements d'adresses, un résumé des nouvelles recrues, les décorations et citations, des extraits de lettres, les photographies des nouveaux décorés ou cités, enfin, une liste des blessés, disparus ou morts au champ d'honneur. Une telle publication ne peut manquer de maintenir et resserrer les liens existant entre les membres du personnel de ces deux sociétés, et, à ce titre, elle méritait d'être signalée ici, d'autant plus que sa création remonte à près de trois ans, presque au début de la guerre.

Dans le dernier numéro, n° 69 du 15 décembre, nous relevons, parmi les décorés et cités, le nom de M. Capart, l'ingénieur électricien dont nous avons publié récemment (*R. G. E.*, 15 décembre 1917, t. II, p. 949) une lettre donnant un intéressant aperçu sur la technique électrique aux Etats-Unis. D'après le texte de ces citations, dont la première date de janvier 1916 (ordre de l'Armée), la seconde de mai 1917 (ordre de la Division du Maroc), la troisième de juin 1917 (ordre de l'Armée), M. Capart qui, d'origine belge, s'est engagé dans l'armée française dès le début de la guerre, n'a pas cessé de faire preuve des plus belles qualités militaires. La croix de la Légion d'honneur est venue récompenser son dévouement. Nos adressons nos félicitations à M. Capart.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

La tarification de l'énergie électrique eu égard au cosinus φ de l'abonné

On se préoccupe sérieusement maintenant de l'amélioration des facteurs de puissance des réseaux de distribution d'énergie électrique par courants alternatifs, lesquels sont devenus très mauvais surtout depuis le début de la guerre. Parmi les moyens d'y arriver, celui consistant à intéresser l'abonné par une tarification plus rationnelle que celle admise jusqu'ici n'est pas le moins important. M. Boucherot montre dans cette étude : 1° qu'il ne serait ni habile, ni équitable de faire payer (l'intégrale de) la puissance apparente ; 2° que c'est presque exclusivement la puissance réactive de l'abonné qui réagit sur les diverses charges financières et dépenses d'un réseau ; 3° qu'il existe un moyen simple et facilement applicable aux compteurs actuels de tenir compte de cette puissance réactive de l'abonné.

Je m'étais promis de ne faire ni article, ni communication pendant tout le temps où je serais moblisé, mais j'ai appris que la Société internationale des Electriciens et l'Union des Syndicats ont constitué une Commission mixte pour étudier la question de la tarification de l'énergie électrique sur les réseaux à courants alternatifs, en tenant compte du facteur de puissance de l'abonné.

Pour le cas où les décisions de cette Commission auraient, avant la fin de la guerre, une répercussion sur les relations entre les secteurs et leurs abonnés, j'ai tenu à réunir dans une courte étude quelques documents établis avant la guerre et à résumer ainsi mon opinion sur cette question.

Il y a déjà plusieurs lustres que je suis convaincu de la nécessité qu'il y aurait, pour les secteurs, de faire payer autre chose que l'énergie réelle fournie aux abonnés. Plus récemment, au Congrès de Turin, à propos de la tarification Arno, je disais (1) :

« Il est hors de doute que la méthode actuelle, qui consiste à ne faire payer au client que l'énergie réelle, doit être modifiée, eu égard aux inconvénients reconnus des mauvais cosinus φ. Electromagnétiquement parlant, la puissance réactive est plus difficile à produire, à transporter et à transformer que la puissance réelle. Non seulement il n'est pas équitable de ne faire payer que l'énergie réelle, sans égard au cosinus φ, mais cette manière de faire n'engage pas le client à améliorer son facteur de puissance. De cette manière, le client, au lieu de coopérer avec la centrale à l'amélioration des conditions du fonctionnement général du réseau, s'en désintéresse complètement; il n'hésite pas, même à faire son cos φ plus mauvais si son intérêt est ailleurs. »

(Suivaient ensuite les raisons qui me font me prononcer contre le système Arno, et dont ce qui suit est le développement.)

Obtenir la collaboration de l'abonné, tout est là; les cos φ déplorables auxquels sont condamnés les réseaux aujourd'hui viennent de ce que les pouvoirs publics d'une part, les secteurs de l'autre, n'ont jamais rien fait pour intéresser l'abonné à devenir un collaborateur de la centrale dans l'économie ou la production de puissance réactive.

Après un quart de siècle d'hésitations, on commence à admettre cela; mais encore faudrait-il ne pas s'engager dans une fausse voie!

Une fois admis le principe de tenir compte du déphasage, la question se pose ainsi : faut-il faire payer à l'abonné, à des prix convenablement établis, A, B et C, les trois intégrales des puissances réelle, réactive et apparente (1), c'est-à-dire

$$\int [AUI\cos\varphi + BUI\sin\varphi + CUI]\,dt$$

ou seulement deux d'entre elles; dans ce dernier cas laquelle faut-il éliminer?

J'ouvre tout de suite une parenthèse pour signaler qu'il n'y a nul besoin d'introduire dans la question, ainsi que le fait M. Arno, une quantité aussi baroque que :

$$UI\,(1 - \cos\varphi)$$

qui ne rime à rien. On voit immédiatement que si l'on fait payer

$$\int [A'UI\cos\varphi + D'UI\,(1 - \cos\varphi)]\,dt,$$

cela revient à faire, dans l'expression générale ci-dessus

$$A = A' - D',\ B = O \quad \text{et} \quad C = D'$$

c'est-à-dire à ne faire payer, en sus de l'énergie réelle, que l'intégrale de la puissance apparente.

(1) *Comptes rendus du Congrès*, t. III, p. 870.

(1) J'évite de parler d'énergies réactive et apparente, pour ne pas créer de confusion avec l'énergie qui oscille du réseau à l'abonné pendant une demi-période.

Digitized by Google

Je vais indiquer les raisons diverses qui me font penser que c'est au contraire l'intégrale de la puissance réactive qu'il faut faire payer en sus de l'énergie, que pratiquement cela suffit et qu'il est facile d'adopter une solution qui s'applique généralement sans apporter de perturbation aux choses existantes.

L'idéal ne serait même pas de faire payer les trois intégrales, et il convient de se pénétrer de cette idée qu'il suffit seulement d'avoir une solution pratique qui apporte un remède sûr à une situation actuellement *déplorable*, surtout depuis le début de la guerre, et qu'il n'est nullement question de rechercher la quintessence de la justice dans les rapports entre secteurs et abonnés.

Commençons par comparer deux systèmes dans lesquels on ne fait payer, en sus de l'énergie réelle, qu'une seule intégrale, de la puissance réactive ou de la puissance apparente.

Dans tout système de tarification tenant compte du déphasage, il faut évidemment arriver à ce résultat que le prix du kilowatt-heure, au lieu de rester constant, augmente quand le retard φ du courant I absorbé par l'abonné sur la différence de potentiel U qui lui est distribuée augmente lui-même. Ceci est réalisé dans les deux cas, que l'on fasse payer l'intégrale de la puissance réactive ou celle de la puissance apparente.

Mais cela ne suffit pas. Dans la figure 1 sont représentés les prix du kilowatt-heure, en fonction du déphasage φ qui résultent de l'adjonction de l'une ou l'autre des intégrales. La courbe 1 est le prix du kilowatt-heure

$$A_1 + B_1 \operatorname{tg} \varphi,$$

quand on fait payer la puissance réactive, c'est-à-dire quand on fait payer, au total,

$$\int [A_1 UI \cos\varphi + B_1 UI \sin\varphi]\, dt;$$

la courbe 2 est le prix du kilowatt-heure

$$A_2 + \frac{C_2}{\cos\varphi},$$

quand on fait payer la puissance apparente c'est-à-dire, au total

$$\int [A_2 UI \cos\varphi + C_2 UI]\, dt.$$

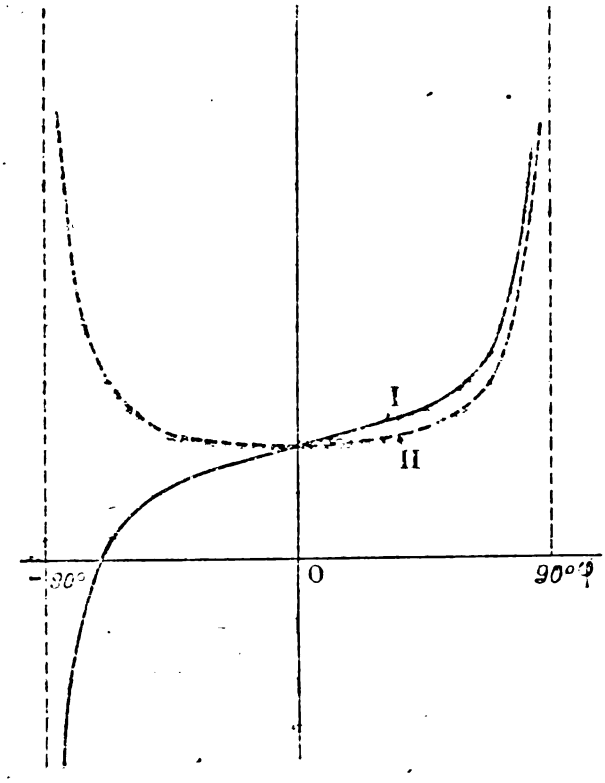


Fig. 1.

On a fait en sorte, dans cette figure, que les intégrales soient les mêmes pour $\cos\varphi = 1$ (d'où $A_1 = A_2 + C_2$) et pour $\cos\varphi = 0$ (avec φ positif, d'où $B_1 = C_2$) ; de sorte que la courbe 2 avec les coefficients de la courbe 1, est

$$(A_1 - B_1) + \frac{B_1}{\cos\varphi}.$$

Mais toute autre correspondance raisonnable des prix conduirait aux conclusions que nous allons tirer de ces deux courbes.

On voit que, pour les deux systèmes, tant que φ est positif, le prix du kilowatt-heure augmente avec φ, pour devenir infini pour $\varphi = \frac{\pi}{2}$. Mais la différence entre eux devient considérable quand φ est négatif.

Et voici le joli résultat auquel on arrive si l'on fait payer la puissance apparente : un abonné qui a un φ négatif paie le même prix que celui qui a un φ positif.

On va m'objecter tout de suite que ceci est l'exception, que les abonnés dont le courant est en avance sont excessivement rares. Mais c'est là justement ce qu'il ne faut plus ! Il faut, non seulement que chaque abonné ait intérêt à améliorer son cos φ, mais que tous ceux qui le peuvent aient intérêt — et non pénalité — à avoir leur courant en avance sur la tension. Et même comme cela, je ne crois pas que les secteurs aient jamais à craindre que leur courant total soit en avance.

Un autre défaut du système selon lequel on fait payer la puissance apparente saute aux yeux de ceux qui connaissent bien les influences du déphasage : à partir de $\varphi = 0$, quand φ augmente positivement, le prix n'augmente que très lentement, la tangente, pour $\varphi = 0$, est horizontale. Ceci est contraire aux desiderata : les capitaux à engager, l'ensemble des pertes et dépenses de toutes sortes inhérentes à la diminution du cos φ, tout cela augmente *rapidement*, au voisinage de $\varphi = 0$, selon une oblique et non selon une courbe à tangente hori-

Digitized by Google

zontale. Cela ressortira des calculs que nous ferons plus loin.

Ces deux raisons d'ordre général suffiraient à elles seules pour asseoir une opinion sur le choix à faire.

Nous allons voir que, du point de vue purement technique, c'est aussi la puissance réactive qu'il convient de faire payer, parce que la presque totalité des charges financières occasionnées par un abonné — capitaux à engager, dépenses pour pertes, etc... — est de la forme

$$KUI\cos\varphi + K'UI\sin\varphi,$$

et non de la forme

$$KUI\cos\varphi + K''UI,$$

et que, s'il y avait lieu d'introduire la puissance apparente dans la question, ce serait plutôt sous la forme

$$K'''(UI)^{\frac{1}{2}},$$

avec un coefficient K''' trop petit pour qu'il soit raisonnable de consentir à une pareille complication.

Nous allons donc rechercher comment influe le facteur de puissance de l'abonné sur les charges financières et dépenses les plus importantes. Nous ferons cet examen en remontant de l'abonné à la centrale.

Compteur d'abonné. — Le fil fin du compteur absorbe constamment une petite puissance réelle qui n'est pas enregistrée par le compteur. Bien que très petite, on peut en faire état. Elle dépend du calibre du compteur, c'est-à-dire du facteur de puissance que l'abonné a prévu pour son installation au moment de la charge maximum ; mais elle est absolument indépendante des variations des puissances réelle et réactive que prend réellement l'abonné. Elle ne peut donc se retrouver que dans la redevance mensuelle fixe que paye l'abonné pour diverses choses.

Transformateur d'abonné. — Il en est de même pour une partie des charges financières et dépenses occasionnées par le transformateur d'abonné :

1° Les charges financières du capital immobilisé dans ce transformateur ;

2° Les dépenses correspondant aux pertes dans le fer du transformateur par hystérésis et par courants de Foucault ;

3° Les dépenses et charges financières correspondant à la production et au transport de la puissance réactive absorbée à vide par ce transformateur.

Tout ceci est pratiquement constant et ne peut être recouvré qu'en dehors des indications du compteur.

Mais il y a, en outre, les pertes par effet Joule dans le cuivre du transformateur, et c'est là que les partisans de la puissance apparente croient pouvoir puiser leur meilleur argument.

Ces pertes dépendent, en effet, rigoureusement pour le secondaire et sensiblement pour le primaire à pleine charge, du courant total de l'abonné et, par conséquent, de la puissance apparente, mais du *carré* du courant et non de sa première puissance. Si l'on veut se piquer de rigueur et tenir compte de cela, on ne peut pas se contenter de la première puissance.

Mais si, en outre, l'abonné marche fréquemment à faible charge — ce qui est souvent le cas — on ne peut pas passer sous silence ce fait que la perte Joule primaire se compose alors en réalité d'une constante et d'un terme proportionnel à la puissance réactive.

Pour simplifier, supposons que le transformateur soit au rapport 1. Le courant primaire se compose du courant magnétisant $-\sqrt{2}\,I_m\cos\omega t$ et du courant pris par l'abonné $\sqrt{2}\,I\sin(\omega t-\varphi)$. L'effet Joule primaire est alors

$$R_1(I_m^2 + I^2 + 2\,I_m I\sin\varphi).$$

Aux très faibles charges, il n'y a plus que la constante $R_1 I_m^2$ et un terme proportionnel à $UI\sin\varphi$.

Dérivation d'abonné. — Comme le transformateur, la dérivation d'abonné engage un capital d'autant plus important que le cos φ prévu par l'abonné à pleine charge de son installation est plus mauvais, que cette dérivation soit courte et déterminée par la densité du courant ou qu'elle soit longue et déterminée par la chute de tension. Mais encore une fois ce n'est pas une raison suffisante pour faire payer au compteur l'intégrale de la puissance apparente plutôt que celle de la puissance réactive. Il s'agit là encore d'une constante qu'il faut recouvrer par une redevance mensuelle de branchements ou de colonne montante, et qu'il serait illogique de vouloir recouvrer sur quelque chose de constamment variable.

Dans cette dérivation, se produit une perte par effet Joule qui se conduit comme celle du primaire du transformateur d'abonné, c'est-à-dire qui est proportionnelle à $(UI)^2$ aux fortes charges et à $UI\sin\varphi$ aux faibles charges.

Remarque. — Cette dérivation peut occasionner une chute de tension plus ou moins nuisible. Si R est sa résistance et S sa réactance, la chute de tension, c'est-à-dire la différence entre les tensions aux deux bouts, est, avec une approximation suffisante,

$$RI\cos\varphi + SI\sin\varphi.$$

Elle est de même forme pour transformateur d'abonné, R étant la résistance composée du primaire et du secondaire, et S la réactance des fuites totales du primaire et du secondaire.

Elle est de même forme aussi pour l'ensemble de la dérivation et du transformateur, en sorte que, si la tension au départ de la dérivation est maintenue constante, la chute de tension chez l'abonné est de la forme

$$KUI\cos\varphi + K'UI\sin\varphi,$$

Digitized by Google

qui met en évidence, non la puissance apparente, mais la puissance réactive.

Feeders. — Les organes sur lesquels nous avons à voir maintenant l'influence du φ de l'abonné, feeders, transformateurs élévateurs, alternateurs, etc., servent à un ensemble d'abonnés ; l'influence d'un abonné sur eux est faible, mais les charges financières ou dépenses qui lui incombent sont du même ordre de grandeur que celles dont nous venons de nous occuper.

Comme le courant de l'abonné est petit par rapport à l'ensemble, il en résulte des simplifications heureuses dans les expressions.

Soit, par exemple, un feeder dans lequel le courant I_a est déphasé d'un angle ψ sur la tension. On ajoute un abonné qui prend un courant I déphasé d'un angle φ (1); le courant I_a augmente de

$$\Delta I_a = I \cos(\varphi - \psi)$$

et le déphasage ψ augmente de

$$\Delta\psi = \frac{I}{I_a} \sin(\varphi - \psi).$$

Si le feeder est déterminé par la densité du courant, l'augmentation ΔI_a pouvant s'écrire aussi

$$\Delta I_a = \cos\psi I \cos\varphi + \sin\psi I \sin\varphi,$$

on peut dire que la charge financière afférente à l'abonné est de la forme

$$KUI\cos\varphi + K'UI\sin\varphi.$$

Par exemple, si le déphasage de l'abonné φ est négatif et égal à $\frac{\pi}{2} - \psi$, c'est-à-dire $\varphi = \psi - \frac{\pi}{2}$, l'augmentation ΔI_a est nulle ; son courant passe sans charger le feeder ; *à ce moment*, la part afférente à l'abonné dans l'achat du feeder est nulle.

Pour le cas où le feeder est déterminé par sa chute de tension, voyons quelle est l'augmentation de chute due à l'abonné. Sans lui, la chute est

$$RI_a\cos\psi + SI_a\sin\psi,$$

R étant la résistance et S la réactance du feeder. Avec l'abonné, la chute devient

$R(I_a + \Delta I_a)\cos(\psi + \Delta\psi) + S(I_a + \Delta I_a)\sin(\psi + \Delta\psi)$

ou, d'après les expressions de ΔI_a et $\Delta\psi$, trouvées plus haut, et en tenant compte toujours de ce que I est petit devant I_a,

$$RI_a\cos\psi + RI\cos\varphi + SI_a\sin\psi + SI\sin\varphi.$$

L'augmentation de chute due à l'abonné est donc

$$RI\cos\varphi + SI\sin\varphi.$$

(1) Je conserve volontairement les mêmes symboles qu'en basse tension.

Ce résultat est intéressant parce qu'il montre d'abord que l'adjonction d'un abonné suffisamment petit provoque dans les alternateurs, les transformateurs élévateurs et les feeders, une chute de tension qui est la même que s'il était seul ; ensuite que la chute de tension provoquée par l'abonné est encore de la forme

$$KUI\cos\varphi + K'UI\sin\varphi,$$

où ne figure pas la puissance apparente.

Voyons maintenant quelle perte par effet Joule l'abonné provoque dans le feeder.

Avec cet abonné, l'effet Joule est

$$R(I_a + \Delta I_a)^2 = RI_a^2 + 2RI_a\Delta I_a = RI_a^2 + 2RI_aI\cos(\varphi - \psi).$$

L'augmentation due à son adjonction est donc encore de la forme

$$KUI\cos\varphi + K'UI\sin\varphi,$$

indépendante de la puissance apparente de l'abonné.

Dans ces calculs, j'ai semblé omettre la puissance réactive UI_m qu'absorbe le fer du transformateur de l'abonné ; il suffit de remarquer qu'elle peut être incluse dans la puissance réactive $UI_a\sin\psi$ que débite le feeder par ailleurs.

J'ai laissé de côté aussi les puissances réelle et réactive dissipées dans les enroulements du transformateur d'abonné (éventuellement dans la dérivation d'abonné) qui ne sont que des fractions petites des puissances réelle et réactive de l'abonné ; elles donneraient des petits termes supplémentaires en $(UI)^2$.

Transformateurs de la centrale. — Ce que je viens de dire de l'influence de l'abonné sur le courant total, sur la chute de tension, sur l'effet Joule du feeder, s'applique aux transformateurs de la centrale s'il y en a, pour ainsi dire sans restrictions, parce que ces transformateurs, fonctionnant toujours à une fraction très notable de la pleine charge, il y a proportionnalité entre leurs courants primaires et secondaires.

On peut voir que les pertes réelles dans le fer de ces transformateurs sont encore influencées de même. Les pertes par hystérésis et courants de Foucault sont chacune de la forme

$$a\mathcal{B}^x$$

$\mathcal{B}$ étant l'induction maximum. Une petite augmentation $\Delta\mathcal{B}$ de $\mathcal{B}$ augmente ces pertes de

$$a\,x\,\mathcal{B}^{x-1}\,\Delta\mathcal{B}$$

Quand on introduit l'abonné sur le réseau, la chute de tension correspondant au feeder et à l'enroulement secondaire du transformateur augmente d'une quantité qui est de la forme

$$KUI\cos\varphi + K'UI\sin\varphi$$

Digitized by Google

Il faut donc remonter la tension à l'usine, pour maintenir la tension constante à l'extremité opposée du feeder de cette quantité et $\Delta \mathfrak{E}$ a cette même expression, à un facteur constant près.

Alternateurs. — Ce qui vient d'être dit pour le feeder et le transformateur de centrale s'applique encore à l'induit de l'alternateur : le courant d'induit, la chute de tension, l'effet Joule d'induit, les pertes dans le fer augmentent selon la même formule en $UI\cos\varphi$ et $UI\sin\varphi$ quand on ajoute l'abonné.

L'inducteur demande une attention plus spéciale. M. Arno en défendant son système dans la discussion que je rappelais plus haut disait : « On peut parfaitement négliger dans la pratique industrielle la quantité $UI\sin\varphi$, car elle se rapporte à la dépense due à l'excitation, dépense minime, n'ayant qu'une influence tout à fait négligeable sur le prix de revient de l'énergie. »

Nous venons de voir que le $UI\sin\varphi$ de l'abonné influe sur bien d'autres choses que l'excitation de l'alternateur, mais tenons-nous en pour un instant à cette excitation. Tous ceux qui ont construit des alternateurs savent ce qu'il en coûte de faire ces machines pour de mauvais cosinus φ; pour une même puissance réelle et une même chute de tension, le prix d'un alternateur peut facilement varier du simple au double, suivant que le facteur de puissance prévu est 1 ou 0,7, et c'est surtout l'inducteur qui devient insuffisant quand le cos φ baisse. Augmenter l'excitation d'un alternateur pour marcher avec un cos φ plus mauvais, cela ne veut pas dire seulement consentir à une dépense plus grande d'excitation; il faut pouvoir le faire ; il faut une machine plus lourde et d'un rendement général moins bon. Avec les mauvais cosinus φ il faut à la fois immobiliser des capitaux en supplément et consentir à des dépenses d'exploitation en supplément.

Considérons un alternateur théorique, ce qui suffira pour cet exposé : les ampères-tours $\mathfrak{A}$ à mettre sur l'inducteur, pour un débit I_a déphasé de ψ sur la tension aux bornes, sont de la forme

$$\mathfrak{A} = \sqrt{(\mathfrak{A}_0 + nI_a\sin\psi)^2 + (nI_a\cos\psi)^2},$$

où $\mathfrak{A}_0$ est la valeur de ces ampères-tours, à vide, pour la même tension, et n une constante de construction. Mettons en évidence le courant en phase

$$I_{ap} = I_a\cos\psi,$$

qui correspond à la puissance réelle débitée, la formule devient

$$\mathfrak{A} = \sqrt{(\mathfrak{A}_0 + nI_{ap}\,\mathrm{tg}\,\psi)^2 + (nI_{ap})^2}.$$

La figure 2 représente cette valeur de $\mathfrak{A}$ en fonction de ψ sous l'hypothèse d'un alternateur genre « turbo » ayant en charge $nI_{ap} = \mathfrak{A}_0$. On y voit que ces ampères-tours croissent rapidement avec le déphasage, et que la tangente, pour $\psi = 0$, est oblique et non horizontale. On peut en induire que la courbe du capital à engager dans l'alternateur en fonction de ψ, se rapproche beaucoup plus de la courbe 1 que la courbe 2 de la figure 1 (1).

Passons maintenant à l'influence de l'abonné sur l'excitation et sur son carré (dépense dans l'excitation) quand on maintient la tension constante. L'excitation sera

$$J = \sqrt{(J_0 + \nu I_a\sin\psi)^2 + (\nu I_a\cos\psi)^2}.$$

L'abonné prenant un courant I déphasé de φ, augmente I_a de ΔI_a et $\Delta\psi$, précédemment calculés. On en déduit facilement.

$$\Delta J = \frac{J}{\nu}\left[(J_0 + \nu I_a\sin\psi)\,I\sin\varphi + (\nu I_a\cos\psi)\,I\cos\varphi\right].$$

L'augmentation d'excitation est donc encore de la forme

$$KUI\cos\varphi + K'UI\sin\varphi.$$

Quant à l'augmentation d'effet Joule dans l'excitation

$$R\,\Delta(J^2) = 2\,RJ\,\Delta J,$$

elle a la même forme aussi.

Si, au lieu de maintenir constante la tension aux bornes de l'alternateur, on la renforce pour tenir compte de la chute de tension entre l'alternateur et l'abonné, on retrouve encore les mêmes fonctions.

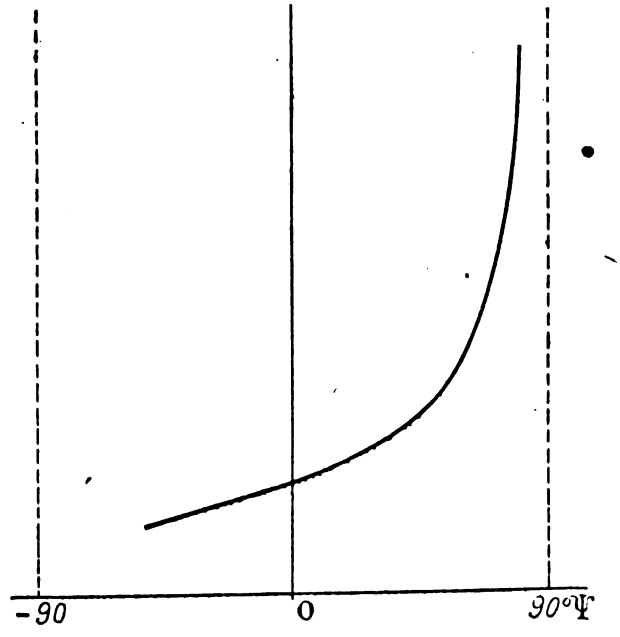


Fig. 2.

En somme, cette forme, toujours la même, de l'influence de l'abonné sur n'importe quelle grandeur du

(1) Cette même observation s'appliquerait aux transformateurs de centrale, aux feeders...

Digitized by Google

réseau s'explique très bien : une grandeur quelconque concernant le réseau peut *toujours* se mettre sous la forme

$$f(I_a \cos\psi, I_a \sin\psi),$$

et sa variation est

$$f'_1 \, d\,(I_a \cos\psi) + f'_2 \, d\,(I_a \sin\psi),$$

ou

$$f'_1 \, I \cos\varphi + f'_2 \, I \sin\varphi,$$

dans laquelle f'_1 et f'_2 sont indépendantes de I et de φ.

Si l'on tient à mettre en évidence dans la fonction f le courant total I_a, on aura, dans la variation, un troisième terme

$$f'_3 \, d\, I_a = f'_3 \, d\, \sqrt{(I_a \cos\psi)^2 + (I_a \sin\psi)^2},$$

qui se réduit encore à

$$f'_3 \, [\cos\psi \, I \cos\varphi + \sin\psi \, I \sin\varphi],$$

car d I_a *ne peut pas s'exprimer* en fonction du courant I seul de l'abonné.

On comprend ainsi qu'on ne retrouve nulle part la puissance apparente de l'abonné, et qu'on retrouve partout, au contraire, sa puissance réelle et sa puissance réactive.

La raison profonde de ceci est probablement dans le fait que les puissances réelle et réactive se conservent tandis qu'il n'en est pas de même de la puissance apparente.

Résumons-nous : il est très important d'abord de ne pas confondre les charges financières et dépenses simplement proportionnelles au temps avec celles qui sont susceptibles d'être payées au compteur. De celles-ci, les unes, en très petite proportion, sont en $(UI)^2$, les autres en $UI \cos\varphi$ et en $UI \sin\varphi$; *il n'y en a pas en UI.*

Nous allons voir maintenant que c'est le système qui serait le plus désirable de réaliser, du point de vue technique, comme du point de vue commercial, qui par un hasard heureux, est le plus facile à appliquer sans apporter de perturbations profondes à l'état de choses existant. Il ne faut pas oublier, en effet, que les compteurs existent maintenant en si grand nombre qu'il est désirable de les conserver tels, si l'on veut faire une réforme contre laquelle ne se dresse pas la généralité des consommateurs.

Dans le fil fin d'un compteur actuel, genre wattmètre, introduisons une petite bobine de self-induction. Elle a pour effet, à la fois, de réduire et de retarder le courant dans ce fil fin, soit α le retard. Il est facile de montrer que le compteur, au lieu d'indiquer

$$UI \cos\varphi$$

indique

$$\cos^2\alpha \, [UI \cos\varphi + \operatorname{tg}\alpha \, UI \sin\varphi].$$

M. Arno affirme que ceci a été breveté en 1899, mais je ne sais par qui. S'il en est ainsi, premier avantage, la chose est dans le domaine public ; c'est une raison de plus pour l'admettre. Le fait qu'elle n'a pas été utilisée jusqu'ici ne prouve *rien* contre elle : il y a bien des choses intéressantes qui ne trouvent leur utilisation que longtemps après qu'elles ont été proposées.

Deux questions se posent alors : quelle valeur de α faut-il admettre ? Y a-t-il lieu de changer le prix unitaire du compteur ? Ceci n'est plus mon affaire. C'est aux secteurs et aux pouvoirs publics qui leur donnent les concessions d'en décider.

Cependant, les quelques considérations qui suivent ne sont pas sans intérêt.

J'ai porté en figure 3 les courbes, en fonction de φ du

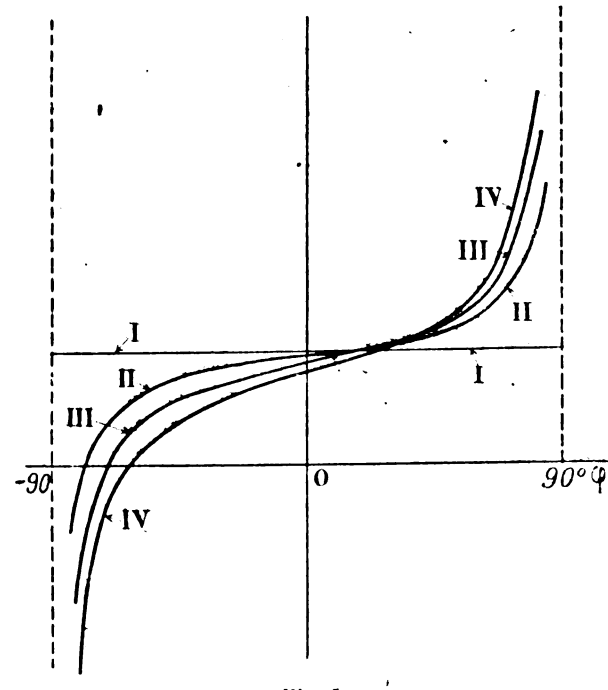


Fig. 3.

prix du kilowatt-heure résultant des indications d'un tel compteur c'est-à-dire

$$\cos^2\alpha \, (1 + \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varphi),$$

dans les quatre hypothèses suivantes :

Courbe I $\operatorname{tg}\alpha = 0$, $\alpha = 0$ prix actuel,
II $\operatorname{tg}\alpha = 1/5$, $\alpha = 11°30'$
III $\operatorname{tg}\alpha = 1/3$, $\alpha = 18°30'$
IV $\operatorname{tg}\alpha = 1/2$, $\alpha = 26°45'$

Le prix du kilowatt-heure est égal au prix actuel quand on a

$$\cos^2\alpha \, (1 + \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varphi) = 1,$$

c'est-à-dire

$$\varphi = \alpha,$$

Digitized by Google

Si donc le prix unitaire du compteur n'est pas changé, le kilowatt-heure coûte le même prix quand

$\cos\varphi = 0{,}98$, pour un compteur ayant $\operatorname{tg}\alpha = 1/5$
$\cos\varphi = 0{,}95$, id. $\operatorname{tg}\alpha = 1/3$
$\cos\varphi = 0{,}90$, id. $\operatorname{tg}\alpha = 1/2$

c'est-à-dire, en somme pour les bons cos φ.

Pour $\cos\varphi = 0{,}8$ ($\varphi = 37°$) le prix du kilowatt-heure est augmenté sensiblement de la même quantité, 10 pour 100 environ, dans les trois cas.

Pour $\cos\varphi = 1$, les prix sont diminués respectivement de 4, 10 et 20 pour 100 ; pour $\cos\varphi = 0{,}6$, ils sont augmentés respectivement de 22, 30 et 34 pour 100.

Le prix du kilowatt-heure devient nul, pour déphasages négatifs, quand

$$\operatorname{tg}\varphi = -\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$$

c'est-à-dire quand $\varphi = \frac{\pi}{2} - \alpha$, quel que soit d'ailleurs, le prix unitaire. Dans les trois exemples cela se produit pour des cos φ respectivement de 0,02, 0,03 et 0,45, ou des φ de $-78°$ $-72°$ et $-63°$.

Pour les décalages négatifs plus grands, le compteur décompte. Voilà qui choquera peut-être quelques esprits timides, mais pourquoi? Il y a certainement une valeur de déphasage négatif pour laquelle la dépense de puissance réelle que fait le client est compensée *financièrement* par l'amélioration qu'il apporte dans le facteur de puissance du réseau. Je ne sais pas quelle est cette valeur, mais il y en a une et l'admission d'un compteur qui décompte au delà est absolument logique. Que cette valeur ne soit pas la même pour deux réseaux à facteurs de puissance très différents, c'est fort probable ; dans les formules que nous avons établies plus haut, le sin φ de l'abonné accompagne toujours le sin ψ du réseau. Cela signifie que l'influence du déphasage positif ou négatif de l'abonné se fait d'autant plus sentir que le déphasage du réseau est plus grand. Sur un réseau à mauvais cos ψ, le prix nul du kilowatt-heure peut donc se produire pour un déphasage φ de l'abonné plus petit que sur un réseau à bon cos ψ. Mais ce sont là des considérations secondaires.

On pourrait objecter aussi qu'avec cette manière de faire, le jour où tous les abonnés s'arrangeraient pour avoir un φ négatif plus grand que celui qui annule le prix du kilowatt-heure, la situation financière du secteur ne deviendrait pas brillante. Mais cette éventualité n'est pas à redouter : cela coûterait trop cher aux abonnés ; n'oublions pas que le déphasage négatif d'un moteur synchrone surexcité, par exemple, atteint à peine, à vide, les valeurs que nous trouvions tout à l'heure pour le déphasage qui annule le prix du kilowatt-heure.

Je crains que l'éventualité contraire soit beaucoup plus probable et que l'abonné, en tenant compte de ses sacrifices personnels, ne trouve pas assez d'avantages à améliorer son cos φ ou à rendre son φ négatif, si l'on ne donne pas à tgα une valeur suffisante ; a fortiori, si l'on faisait payer la puissance apparente au lieu de la puissance réactive.

Pour terminer, je m'excuse bien sincèrement d'avoir été amené à critiquer le système de M. Arno qui est un de nos sympathiques collègues italiens ; je m'excuse, surtout de n'avoir pas trouvé l'occasion de le faire, depuis 1911, autrement que dans les circonstances actuelles.

P. Boucherot,
Professeur à l'Ecole de Physique et de Chimie et à l'Ecole supérieure d'Electricité.

Revues, analyses et informations

Les rayons X et la guerre.

La première réunion de la session d'hiver de la Röntgen Society de Londres eut lieu le 6 novembre dernier à la salle de la Royal Society of Arts. Aucune réunion n'avait obtenu un tel succès depuis les vingt ans d'existence de la Société.

C'était la première séance sous la présidence du capitaine G.-W.-C. Kaye, (1) qui venait d'être appelé à ces fonctions.

« Les rayons X et la guerre », tel est le titre que le Président donne à son allocution.

Après un préambule spirituel où il s'excuse d'avoir à prendre la parole, le capitaine Kaye fait l'éloge funèbre de deux membres de la Société, morts dans l'année : M. Wilson Noble qui fut le troisième président de la Société et M. Duddell ancien président et vice-président en exercice.

Puis il rappelle que cette réunion du 6 novembre 1917 est le vingtième anniversaire de la fondation de la Röntgen Society dont la première réunion eut lieu le 5 novembre 1897. En commémoration de cette date et pour honorer la mémoire du premier président, sir Silvanus Thompson, le conseil décide que chaque année une séance qui portera le nom de « Séance en mémoire de Silvanus Thompson » sera consacrée à la lecture d'une communication d'un interêt spécial faite par un savant anglais ou étranger.

Le capitaine Kaye, continuant son discours, rappelle qu'à ses débuts comme maintenant, la Société admet dans son sein aussi bien les hommes de laboratoire et de cabinet que les médecins et il montre l'utilité qu'a eue et que devra avoir encore cette collaboration qui, dans la Röntgen Society, a toujours été marquée d'une camaraderie particulière.

Cette collaboration est d'autant plus utile que la radiologie s'étend chaque jour davantage, spectrographie, structure atomique, radiométallographie.

« Un exemple vraiment typique du développement de cette science est, dit le capitaine Kaye, l'application des

(1) Auteur de l'ouvrage bien connu « X Rays » et de tant d'autres travaux et publications scientifiques.

Digitized by Google

rayons X à la recherche des défauts des métaux, à l'examen des soudures autogènes, de l'acier et des autres métaux, qu'ils soient fondus ou en plaques, pour la recherche des hétérogénéités ou des soufflures. Un tel travail demande des tensions élevées et de grosses intensités. Déjà des plaques d'acier de plus d'un pouce (2,5 cm) d'épaisseur ont été examinées avec succès (1).

» Des exemples de cette application, qui promet d'être de très grande importance au point de vue de la guerre, vont être présentés à la Société, après notre réunion, par M. Pilon auquel nous sommes heureux de souhaiter ce soir la bienvenue comme à un distingué champion de l'effort industriel français en radiologie.

» Mais le rôle le plus important des rayons X et qui domine ce soir tous les autres buts est l'application médicale. »

Le capitaine Kaye expose alors tous les progrès réalisés dans la radiologie depuis la guerre et les applications sans nombre qui ont été faites, telles que l'examen médical des recrues, la recherche de l'extraction des projectiles; il parle de la radiothérapie des plaies de guerre, des applications des rayons X à la chirurgie orthopédique, de la radioscopie pour le diagnostic des maladies contractées sur le front, tuberculose, troubles des voies digestives, affections dentaires. L'utilisation de la radiologie pour la restauration esthétique de certains blessés attire également son attention, il cite à ce propos les résultats merveilleux obtenus entre autres par le Dr Knox et M. Percival C. Cole.

Enfin le président donne quelques indications sur les applications et les progrès de l'électrologie et passe au mouvement industriel en parlant des efforts accomplis en Angleterre pour essayer de créer des verreries et des fabriques de tubes. Il signale de la façon suivante les difficultés du problème. « Le problème fut véritablement complexe, mais a été résolu en partie avec l'aide de l'État, en même temps nos amis américains et français vinrent à la rescousse... »

Le capitaine Kaye en profite pour expliquer les perfectionnements apportés aux ampoules et donner une sommaire description du tube Coolidge. Il parle des espérances non réalisées que certains formaient sur la possibilité de produire avec un tube à rayons X des radiations aussi pénétrantes que les rayons γ du radium.

« De telles anticipations n'ont pas été réalisées. Dans un travail récemment publié, sir E. Rutherford décrit les mesures de rayons très pénétrants émis par un tube Coolidge fonctionnant sur un courant de 200 000 v (étincelle équivalente de 14 pouces, soit 35 cm, entre pointes) soit très près de la limite de résistance de l'ampoule. Dans le but de sélectionner les rayons les plus durs, il les fit passer à travers un centimètre de plomb, la réduction d'intensité étant de plus d'un million de fois. Étudier la sélection d'un tel rayonnement après un tel traitement, c'est, comme dit l'exemple classique: « un aveugle qui cherche un chat noir dans une chambre noire où il n'est pas.

» Le génie expérimental de Rutherford surmonta cette difficulté. Les rayons résiduels étaient pratiquement homogènes et il fut prouvé que leur longueur d'onde était d'environ 0,06 unité angstrom, ce qui peut être comparé, d'après les dernières estimations de ce physicien, à la longueur d'onde des rayons γ du radium C qui est entre 0,02 et 0,07 angstrom. En d'autres termes, les rayons γ du radium en question correspondraient à des rayons X produits par une tension comprise entre 600 000 v et 2 000 000 v, tension qu'aucun tube à rayons X du type connu aurait la possibilité de supporter, même si nous avions les moyens de produire pratiquement une telle tension.

« Nous avons évidemment pas mal de chemin à parcourir si nous voulons reproduire dans ce sens les phénomènes de l'atome du radium... »

Puis, attaquant la question des rayons durs et homogènes, le capitaine Kaye pense que dans un avenir prochain seront construits des tubes ayant des anticathodes de métal approprié, donnant à une tension définie des radiations caractéristiques de dureté connue dont on sélectionnera facilement le rayonnement normal mou par voie de filtration.

« Pour ces différentes utilisations, nous aurons à nous munir de toute une série de tubes, de préférence du type Coolidge, dont chacun aura une anticathode d'un métal différent. Chacun sera catalogué comme devant fonctionner avec telle tension appropriée pour exciter la radiation caractéristique de l'anticathode et pour être utilisé avec un écran de nature et d'épaisseur déterminées. Cette tension et cette épaisseur peuvent être facilement connues et calculées.

» Ce plan mérite certainement d'être mis à l'essai. Je n'ai pas encore eu l'opportunité de le faire, mais ce que je peux dire c'est que pour des métaux de poids atomique moyen, excités par des tensions appropriés, j'ai obtenu de brillants résultats; dans certains cas, je suis arrivé à obtenir 90 pour 100 d'homogénéité. Pourquoi, pour des poids atomiques plus élevés, ne pourrait-on pas obtenir les mêmes succès ? »

Cette considération sur l'hétérogénéité du rayonnement X amène le président à parler des appareils de mesure de doses...

« Les différents dosimètres qui ont été employés jusqu'ici ne tiennent pas compte de l'effet sélectif, ils n'enregistrent pas les divers rayons proportionnellement à leur énergie. Quelques-uns de ces appareils sont absolument défectueux. Aucun d'eux n'a encore la valeur suffisante pour être considéré comme un dispositif de précision. Tous ces instruments ne doivent pas être envisagés autrement que comme des guides grossiers établis plutôt pour rassurer le malade que pour guider le médecin. Dans la plupart des cas, et de toute façon avec le tube Coolidge, nous n'avons rien de mieux à notre disposition que la lecture du voltmètre et du milliampèremètre. Chacun d'eux a son importance et leurs indications se complètent et ont une certaine valeur pour le radiologue ayant une bonne dose d'expérience... »

Puis l'orateur dit quelques mots sur les travaux de Laue et de ses élèves en 1913, de Braggs père et fils sur la diffraction des rayons X par les cristaux, de Moseley, mort au champ d'honneur, comme officier, à Gallipoli, sur les spectres de rayons X caractéristiques.

« Moseley put de suite obtenir une relation simple et très remarquable, c'est-à-dire que la fréquence d'une radiation X caractéristique émise par un élément est proportionnelle au carré du nombre atomique de cet élément.

» Les travaux de Moseley ont été repris et poursuivis par d'autres, notamment par Siegbahn et Friman. » Et le capitaine Kaye termine sa documentation sur la partie scientifique par quelques mots sur les spectres.

Il parle de la création de laboratoires de recherches chez les industriels anglais pour le plus grand bien de l'industrie. La radiologie et ses applications y tiendraient une place importante et il cite, à l'appui de cette thèse, la façon dont on a compris la chose en Amérique, par exemple au

(1) Voir *Revue générale de l'Électricité*, 12 mai 1917, t. I, p. 735.

Digitized by Google

laboratoire de la General Electric Co à Schenectady où l'on établit une installation qui coûta plus de 1 000 £ (25 000 fr) pour faire un essai du tube Coolidge à potentiel constant sous 100 000 v.

Enfin, l'orateur achève son intéressant discours en espérant que le nombre toujours croissant des membres de la Röntgen Society permettra la création de bibliothèques, laboratoires, etc..., et en émettant le vœu que la radiologie britannique, donnant la main à ses sœurs française et américaine, saura créer une école qui éclipsera l'école allemande, où, avant la guerre, un trop grand nombre de radiologistes allaient puiser leur inspiration.

Après le discours présidentiel, sir James Mackenzie Davidson demanda un vote de remerciement pour le discours du capitaine Kaye.

Sir James Mackenzie Davidson rappela le premier meeting de la Société en 1897 où furent exposés certains appareils de localisation au moyen de fils croisés et fut heureux de montrer le rapprochement de ces anciens essais avec ceux tentés pendant la guerre. Il appuya le désir du capitaine Kaye que des causeries scientifiques prissent, dans le futur, une place importante dans l'éducation de la radiologie anglaise, la partie scientifique ayant, à son avis, été trop délaissée dans le passé.

Il espère que ses compatriotes n'imiteront pas nos ennemis dans l'application qu'ils ont fait de la science. Il souhaite que les progrès scientifiques soient appliqués à lutter contre la mort et améliorer l'existence humaine et non pas à perfectionner les moyens de destruction.

Le vote de remerciements a été appuyé par le Dr F.-W. Metcalfe, qui signale combien le discours présidentiel a nettement exposé tous les points typiques de la radiologie depuis le côté scientifique jusqu'au côté pratique, depuis le côté commercial jusqu'au côté politique. Le vote de remerciements par acclamations obtint l'unanimité.

M. H. Pilon présente alors des projections de clichés qui prouvent que l'usage des rayons X ne s'est pas seulement confiné dans les applications médicales. Ces projections ont montré le résultat de l'application des rayons X à l'examen des métaux, et M. Pilon indique qu'il est maintenant possible de déceler, au moyen de plaques photographiques, des défauts imperceptibles dans les métaux ; on peut voir plusieurs éprouvettes radiographiées, en outre des soudures autogènes défectueuses d'un réservoir en fer dont les deux parois formaient 20 mm d'épaisseur, radiographie prise à 1,25 m du tube ; des clichés signalent des soufflures dans des carters d'aluminium pour moteur d'aviation Ces défauts qui avaient été rebouchés par un alliage d'aluminium de composition légèrement différente sont très nettement visibles sur les clichés.

Il a montré également des pièces de nickel et de fer qui font voir que, pour des poids atomiques très voisins, les ombres sont néanmoins très marquées.

Une très importante et très instructive présentation d'appareils et de clichés a été faite après la réunion. Un des appareils les plus intéressants qui ont été présentés fut la table du Dr Mackenzie Davidson qui utilise, comme beaucoup d'autres modèles du reste, le principe des fils croisés pour la localisation. Le radiologue peut avec cette table, au moyen de repères, localiser et connaître automatiquement la profondeur des corps étrangers, ce en quelques secondes; il fut également présenté le stéréoscope de Wheatstone, ainsi que de nombreuses radiographies qui montrent l'utilisation d'écrans renforçateurs et de plaques spéciales pour rayons X.

L'exposition de nombreuses photographies faisait voir également les résultats merveilleux obtenus au point de vue de l'esthétique dans les cas de restauration faciale.

C'est à ces photographies que le discours présidentiel faisait allusion.

L'aimantation, par rotation du fer, du nickel et du cobalt et la nature de la molécule magnétique (1).

Les recherches rapportées dans ce travail complètent les expériences faites en 1914 sur l'aimantation de larges tiges d'acier par simple rotation (*Physical Review*, 1915, 2e série, t. VI, p. 239).

Avant ces expériences on ne connaissait, comme procédé d'aimantation, que celui qui consiste à placer le corps à aimanter dans un champ magnétique. Ces expériences établissent directement et d'une manière concluante : 1° qu'il existe dans le fer des courants moléculaires d'électricité suivant des orbites fermés (courants d'Ampère); 2° que l'électricité en mouvement sur ces orbites est en très grande majorité négative ; 3° que cette électricité possède une masse ou une inertie, en sorte que chaque orbite se comporte comme un petit gyroscope et tend à se disposer de telle sorte que la direction du mouvement coïncide avec la direction de la rotation imprimée au corps ; c'est de cette manière que se produit l'aimantation.

En supposant qu'il n'y a qu'une sorte d'électricité en mouvement, en désignant par m la masse de la particule, par e sa charge, l'auteur établit que la rotation d'un corps avec une vitesse angulaire de n tours par seconde équivaut à le disposer dans un champ magnétique d'intensité $\mathcal{H}$ telle que

$$\frac{\mathcal{H}}{n} = 4\pi \frac{m}{e}.$$

Si l'on suppose qu'il n'existe en mouvement que des électrons, le second membre est égal à $-7{,}1 \times 10^{-7}$ U. E. M. pour les électrons en mouvement lent, et il doit être le même quelle que soit la substance envisagée. Si de l'électricité positive prend part au mouvement, la valeur moyenne de $\frac{\mathcal{H}}{n}$ devrait être plus petite. La valeur moyenne de $\frac{\mathcal{H}}{n}$ obtenue par l'auteur en 1914 est $-3{,}6 \times 10^{-7}$ U. E. M.)

Peu après ces expériences, Einstein et de Haas ont établi l'existence du phénomène inverse, c'est-à-dire de la rotation d'une tige de fer par l'aimantation (*Verh. d. D. Phys. Ges.*, 1915). Dans le travail que nous analysons ici, l'auteur a étendu ses recherches à d'autres échantillons de fer, au cobalt et au nickel. Les premières recherches mettaient en œuvre la méthode d'induction électromagnétique, le fluxmètre étant le principal instrument de mesure. Dans les recherches actuelles, l'auteur a utilisé la méthode du magnétomètre. Il est peut-être plus difficile d'éliminer les perturbations étrangères, mais il est plus facile d'obtenir une sensibilité suffisante sans l'emploi de grosses tiges qui seraient d'un prix élevé dans le cas du nickel et du cobalt; il était, en outre, intéressant, à cause de la nouveauté de l'effet découvert, de reprendre son étude par une méthode nouvelle.

Le magnétomètre employé est un instrument astatique, et la tige en expérience ou rotor est montée de manière que son axe

(1) B.-J. Barnett. *Physical Review*, juillet 1917, 2e série, t. X, p. 7-21, 6 000 mots, 5 fig., 1 tab.

Digitized by Google

soit horizontal et normal au méridien magnétique dans la position équatoriale de Gauss. L'étalonnage est pratiqué au moyen de solénoïdes enroulés d'une manière permanente sur les rotors et de solénoïdes secondaires enroulés sur des noyaux de bois. Les observations sur la rotation sont faites au nombre de quatre à intervalles de temps égaux : 1° le rotor est d'abord entraîné au moyen d'un moteur à courant alternatif, à une vitesse déterminée et l'on fait la lecture sur l'échelle du galvanomètre ; on inverse le sens de rotation du moteur et on fait la lecture pour la même vitesse ; 3° et 4° on répète les lectures en sens inverse. De la double déviation obtenue en retranchant la moyenne des observations 2 et 3 de la moyenne des observations 1 et 4, on peut, connaissant la vitesse angulaire du moteur, déduire la quantité $\frac{\mathcal{H}}{n}$. Pour le détail des expériences et des moyens utilisés pour éliminer les perturbations, voir le mémoire original.

Les diverses séries d'observations ont donné pour $\frac{\mathcal{H}}{n}$ une valeur négative comme celle de $4\pi\frac{m}{e}$ relative à un électron. La valeur moyenne de $\frac{\mathcal{H}}{n}$ est légèrement inférieure à la valeur admise pour $4\pi\frac{m}{e}$ (soit $7{,}1 \times 10^{-7}$ U. E. M.) ; elle reste comprise entre 5,1 et $6{,}5.10^{-7}$ U. E. M. pour les observations les plus sûres, c'est-à-dire pour celles qui se rapportent aux vitesses les plus élevées. Les écarts sont dans le même sens que ceux des premières expériences qui ont fourni 3,6 et 3,1 au lieu de 7,1 ; toutefois, les erreurs expérimentales sont telles, pense l'auteur, qu'il n'y a pas lieu d'attacher trop d'importance à ces écarts. Les recherches doivent plutôt être considérées comme confirmant l'équation (1) qualitativement et quantitativement, dans l'hypothèse que seuls les électrons décrivent des orbites fermés dans les molécules de toutes les substances envisagées. Elles montrent également que l'effet est indépendant des dimensions du corps en rotation, ce qui est implicitement admis dans l'équation (1).

A. B.

Inflammation par étincelles. Recherches sur l'effet de l'intensité de l'étincelle sur l'inflammation des machines à combustion interne (1).

Cette note a pour but de trancher la question souvent posée : l'énergie plus ou moins grande de l'étincelle a-t-elle une influence sur la puissance d'un moteur à explosion ?

Les expériences ont été faites sur un mélange gazeux de composition constante, en faisant exploser ce mélange dans une chambre à volume constant, à température également constante, et en relevant le diagramme.

Plusieurs sources d'étincelles furent employées :

a) Magnéto haute tension donnant 0,01 joule par étincelle à 120 t : min et 0,03 joule à 1000 t : min ;

b) Bobine d'induction avec rupteur à came : 0,02 joule par étincelle à 80 t : min et 0,0018 joule à 1000 t : min ;

c) Bobine d'induction avec trembleur, 200 vibrations par seconde : 0,0005 joule par étincelle ;

d) Appareil de Lodge à condensateur, 70 vibrations par seconde : 0,026 joule par étincelle.

Les diagrammes obtenus avec ces sources si différentes comme énergie ont été trouvés identiques.

La question semble donc bien tranchée et cependant on peut se demander si l'opinion, très répandue, selon laquelle la puissance des moteurs est fréquemment augmentée quand la puissance de l'inflammateur augmente, n'est pas basée sur quelque chose de réel.

A ceci M. Morgan répond que tous les mélanges gazeux sont loin de s'enflammer aussi facilement et que, si on se trouve en présence d'un mélange irrégulier et assez peu inflammable, l'augmentation d'énergie des étincelles permettra d'éviter les nombreux ratés qui tendent à se produire quand le mélange est trop ou pas assez riche et par là l'effet apparent sera évidemment une augmentation de la puissance recueillie.

Une autre question importante et non résolue est de définir les qualités d'une étincelle au point de vue de l'inflammation. Il semble que la méthode calorimétrique doit donner des indications utiles ; cependant il ne suffit pas de connaître le nombre de joules par étincelle pour définir cette propriété, car deux sources différentes peuvent donner la même valeur avec des résultats très inégaux ; il manque, en effet, une donnée importante : la température de l'étincelle.

Ceci se vérifie bien avec une magnéto que l'on règle juste à la limite où elle cesse d'enflammer un mélange gazeux défini ; il suffit alors d'ajouter un condensateur entre les électrodes pour obtenir immédiatement une très bonne inflammation, cependant la mesure calorimétrique montre qu'il n'y a pas d'augmentation de la quantité de chaleur.

L'inflammation est aussi le résultat d'actions accumulées : ce qu'une étincelle ne peut pas faire est fait par une succession d'étincelles. Ceci a moins d'importance pour les moteurs puisque, généralement, on fait usage de magnétos qui donnent une seule étincelle par cylindrée ; néanmoins il est intéressant de le prouver de la manière suivante : une magnéto est munie d'une résistance variable dans son circuit primaire, ce qui permet de réduire l'étincelle à sa plus faible limite. Dans ces conditions, on peut régler les choses pour que l'étincelle n'allume jamais le mélange et que ce résultat soit seulement atteint par une succession d'étincelles. Bien que cette expérience soit trop délicate pour permettre des mesures certaines, l'auteur est arrivé à retarder ainsi de deux secondes l'inflammation avec une magnéto tournant à 5 t : sec.

L'auteur a une forte tendance à attribuer une importance réelle à l'ionisation du gaz par l'étincelle et il suggère que l'on pourrait employer l'électroscope pour définir les conditions d'inflammabilité ; ceci n'est jusqu'à présent qu'une suggestion.

H. A.

(1) J.-D. Morgan. *Engineering*, 3 novembre 1916, t. CII, p. 427.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Les bronzes d'aluminium

PROPRIÉTÉS, FABRICATION, UTILISATION INDUSTRIELLE

Les bronzes d'aluminium possèdent un ensemble de propriétés physiques, chimiques et mécaniques qui permettent de les substituer, dans un grand nombre de cas, au cuivre, au nickel et aux bronzes ordinaires. Leur prix peu élevé et leur facile conservation leur réservent dans l'industrie un grand nombre d'emplois. L'étude de M. J. Escard fait connaître les propriétés de ces alliages, leur composition et les applications qu'ils ont actuellement ou dont ils sont susceptibles.

L'aluminium forme avec le cuivre une série d'alliages importants dont la plupart ont reçu des applications industrielles de premier ordre. On les connaît plus spécialement sous le nom de *bronzes d'aluminium*. Ils résultent de l'union simple de ces deux métaux et ne doivent pas être confondus avec les *bronzes à l'aluminium*, alliages résultant de l'addition de quelques centièmes d'aluminium aux bronzes ordinaires (alliages cuivre-étain). Entre ces deux catégories bien distinctes prennent place un assez grand nombre d'autres composés plus ou moins complexes auxquels on peut donner le nom de *bronzes d'aluminium complexes* et résultant de l'addition de métaux divers aux bronzes d'aluminium ordinaires.

I. — Bronzes d'aluminium ordinaires.

Les bronzes d'aluminium sont formés de sept constituants principaux parmi lesquels se trouvent les combinaisons définies Al^2Cu, Al Cu, $Al Cu^2$ et $Al Cu^4$. L'existence des trois premiers constituants a été signalée, dès 1895, par H. Le Chatelier à la suite d'études micrographiques sur les alliages de cuivre et d'aluminium. Carpenter et Edwards ont indiqué, en 1907, le composé $Al Cu^4$ et, la même année, Pouschine, en étudiant la force électromotrice de ces alliages, a confirmé l'existence de Al Cu. La présence et l'abondance plus ou moins grande de ces divers constituants dépendent du pourcentage d'aluminium dans les alliages cuivre-aluminium. Les traitements thermiques influent également.

Propriétés. — La caractéristique physique principale des bronzes d'aluminium est leur belle *couleur or*. L'alliage à 4 pour 100 d'aluminium possède la teinte de l'or à 14 carats tandis que celui à 5 pour 100 a celle de l'or à 18 carats, c'est-à-dire qu'il est légèrement vert. Cette teinte se conserve jusqu'à 14 pour 100 d'aluminium. Pour des pourcentages supérieurs, elle devient grisâtre ou blanc d'argent; le changement de coloration correspond nettement à la disparition de constituants définis.

La *densité* est naturellement d'autant plus élevée que le pourcentage d'aluminium est faible. La courbe représentative de sa variation est intéressante, car elle met nettement en évidence certains constituants, notamment $Al Cu^3$ et Al Cu : il y a, en effet, deux points d'inflexion pour des teneurs en aluminium voisines de 13 et 30 pour 100 auxquelles correspondent ces composés.

Il en est de même de la courbe de *fusibilité*. A chaque cassure correspond un constituant. Elle confirme, en outre, d'une manière particulièrement frappante cette loi de la fusion des alliages : qu'un alliage est parfois plus fusible que le plus fusible des métaux qui le composent. C'est le cas des bronzes à 40 et 95 pour 100 d'aluminium qui fondent au-dessous de 657°, point de fusion de l'aluminium pur.

Quoique facilement fusibles, les bronzes d'aluminium présentent cependant certaines difficultés lorsqu'on les emploie pour le moulage; ils se signalent par une forte contraction au refroidissement. A l'état liquide, par contre, ils remplissent les moules les plus délicats, pénétrant facilement les cavités les plus fines et se conduisant ainsi presque aussi bien que les bronzes de statuaires.

Au point de vue de la *résistivité électrique*, on constate les faits suivants :

1° Elle croît avec la teneur en aluminium jusqu'à 7,5 pour 100 de ce métal, alliage pour lequel elle est maximum; elle décroît ensuite. Pour l'alliage à 94 pour 100 d'aluminium, elle se rapproche beaucoup de celle de ce métal pur.

2° Le coefficient de température principal diminue quand la teneur en aluminium augmente, jusqu'à 10 pour 100. A 94 pour 100, il est voisin de celui de l'aluminium pur.

3° L'addition de faibles quantités d'aluminium au cuivre augmente très sensiblement la résistivité de ce métal; par contre, l'addition de faibles quantités de cuivre à l'aluminium ne modifie qu'à peine la résistivité de ce dernier. Il faut sans doute attribuer ces irrégularités apparentes à la présence des constituants dans l'al-

Digitized by Google

liage pour des pourcentages définis de l'un ou l'autre élément.

Voici, d'autre part, d'après M. Pécheux, les résultats obtenus avec des bronzes d'aluminium à teneurs variées en aluminium. La résistivité ρ_t y est exprimée en microhms-centimètre.

Tableau I.

Al pour 100	VALEUR DE ρ_t
3	$\rho_t = 8{,}26\ (1 + 0{,}001\,02\ t + 0{,}000\,003\ t^2)$
5	$10{,}21\ (1 + 0{,}000\,70\ t + 0{,}000\,002\ t^2)$
6	$11{,}62\ (1 + 0{,}000\,55\ t + 0{,}000\,002\ t^2)$
7,5	$13{,}62\ (1 + 0{,}000\,36\ t + 0{,}000\,001\ t^2)$
10	$12{,}61\ (1 + 0{,}000\,32\ t + 0{,}000\,002\ t^2)$
94	$3{,}10\ (1 + 0{,}000\,38\ t + 0{,}000\,003\ t^2)$

Les *propriétés mécaniques* des bronzes d'aluminium, étudiées avec détails par Guillet, d'une part, et par Portevin, d'autre part, varient avec le pourcentage de leurs éléments. L'alliage le plus intéressant est celui à 9-10 pour 100 d'aluminium qui, simplement fondu, possède une résistance supérieure à celle de la plupart des corps métalliques. A ce point de vue, il présente les analogies les plus grandes avec l'acier Bessemer de Suède à 0,35 pour 100 de carbone. Comme le montrent les chiffres ci-dessous, la ténacité, la limite élastique et les allongements (1) ont à peu près la même valeur et, fait assez curieux, la structure interne des deux alliages présente aussi de grandes analogies :

	Limite élastique en kg : mm²	Ténacité en kg : mm²	Allongement en centièmes
	—	—	—
Acier à 0,35 % C.....	24	59,9	26
Bronze à 9,90 % Al....	23,3	60	28,8

Il y plus de cinquante ans, H. Sainte-Claire Deville avait indiqué, quoique avec moins de précision, cette propriété. On l'a appliquée depuis à la confection de fusils et même de canons. On a essayé, en outre, le bronze d'aluminium pour la fabrication de nombreuses pièces de machines. D'autre part, en raison de sa grande finesse de grain, cet alliage peut donner des frottements très doux. Il peut être forgé à chaud à la température du rouge et martelé jusqu'à refroidissement, sans présenter ni pailles, ni criques, ni gerçures.

Sa *dureté* augmente avec le pourcentage d'aluminium jusqu'à une certaine limite. Entre 0 et 10 pour 100 d'aluminium, il est malléable et peu fragile; à 11 pour 100, il devient fragile; à 20 pour 100, on peut le pulvériser au mortier, bien qu'il soit très dur. La malléabilité ne renaît que lorsque la proportion d'aluminium dépasse 66 pour 100, ce qui correspond à l'apparition d'un constituant défini.

En raison de l'intérêt que peut présenter le bronze d'aluminium pour la frappe de la monnaie, il nous semble utile d'indiquer de quelle façon se modifie sa dureté par le recuit. Les chiffres ci-dessous se rapportent à des alliages livrés recuits à 850° et écrouis ensuite par martelage à froid. La dureté maximum est exprimée par le nombre 100.

Tableau II.

TRAITEMENT	7,5 % Al	8,5 % Al	9,75 % Al
Écroui à refus	100	100	100
Recuit à 400°	64	64	100
Id. 450	52	46	100
Id. 500	44		64
Id. 550	40		52

Ces chiffres montrent que l'alliage écroui à refus ne commence à perdre sa dureté par recuit qu'à partir d'une température déterminée et que le changement de dureté se fait assez brusquement pour un intervalle limité de température.

Les bronzes d'aluminium bien exempts de silicium supportent dans de bonnes conditions les essais au *choc*, quelquefois même mieux que l'acier coulé. La *résistance à la traction* varie dans de grandes proportions suivant le pourcentage d'aluminium. La *trempe* agit en augmentant cette résistance et les allongements. Avec les alliages bruts de coulée, ces derniers, par le seul fait de la trempe, atteignent parfois 80 pour 100. Ce chiffre est seulement dépassé par certains aciers à fer γ et les aciers riches en manganèse; il s'explique par cette considération que la trempe n'apporte aucun changement visible dans la constitution micrographique de ces alliages, son action se bornant à les rendre plus malléables, plus homogènes et à augmenter par suite leur limite d'élasticité.

A côté des propriétés mécaniques intéressantes de ces alliages, il faut signaler leur grande *résistance chimique* ou *résistance à la corrosion*. Cette précieuse qualité les rend aptes à la fabrication d'objets destinés aux usages domestiques et maritimes. De nombreux essais ont montré que les bronzes renfermant de 3 à 10 pour 100 d'aluminium, immergés dans l'eau de mer isolément, se comportent un peu mieux que le *métal Muntz* (Cu-Zn-Sn) et que le *laiton naval* (laiton à 2 pour 100 d'étain).

(1) Rappelons que la *limite élastique* à la traction est la charge maximum que peut supporter un métal sans déformation permanente, c'est-à-dire au delà de laquelle il ne peut reprendre ses dimensions primitives après suppression de la charge; elle s'exprime en « kilogrammes par millimètre carré de section ». La *ténacité*, encore appelée *résistance à la traction, charge de rupture, résistance à la rupture*, est la charge maximum que peut supporter un métal sans se rompre; elle s'exprime aussi en « kilogramme par millimètre carré de section ». Quant à l'*allongement*, il représente la déformation maximum que peut subir un métal sous l'action d'un effort quelconque sans se briser; il correspond donc à la charge maximum de rupture et s'exprime en « allongement pour 100 »; le chiffre indiqué est le rapport du supplément de longueur du barreau ou du fil métallique essayé, au moment de la rupture, à sa longueur initiale.

Digitized by Google

Mis en contact avec l'acier, ils n'éprouvent aucune altération après quatre mois.

Voici, d'autre part, les résultats obtenus avec des bronzes renfermant une très forte proportion d'aluminium :

Tableau III.

ALUMINIUM POUR 100	PERTE DE POIDS PAR CM²
100 pour 100 (Al pur)	4 mg
99,07	4
97,73	3,5
96,26	2,5
94,66	2
95,26	1,5

Les chiffres indiqués dans la colonne de droite représentent la perte, en milligrammes par centimètre carré, pendant trente jours. Comme on le voit, l'attaque est assez rapide ; on observe même le dégagement de petites bulles gazeuses et il se forme autour des plaques mises en expérience un dépôt gélatineux d'alumine. Cette altération, assez rapide, montre l'impossibilité d'employer à la mer les bronzes riches en aluminium. Le bronze à 10 pour 100 d'aluminium donne au contraire, pour les constructions maritimes, des résultats remarquables. De nombreuses hélices, construites pour l'Amirauté anglaise, ont toujours satisfait aux conditions de ténacité, de limite élastique et d'allongement en même temps qu'elles présentaient une résistance énergique à l'eau de mer. Les chiffres ci-dessous permettent de s'en rendre compte par comparaison avec d'autres métaux et alliages :

	Perte de poids par cm² en 1 mois.
Fer	4,5 mg
Cuivre	1,3
Bronze à 1 pour 100 Al	1,2
Métal Muntz	0,7
Bronze à 10 pour 100 Al	0,4

Des essais effectués en constituant des couples par la réunion de deux métaux, dont l'un était du bronze à 10 pour 100 d'aluminium, ont montré que ce dernier ne manifeste aucune attaque appréciable lorsqu'il se trouve pendant une longue période en contact avec le fer ou le métal Muntz ; ces derniers sont au contraire très altérés.

Au point de vue des usages domestiques, les alliages renfermant une très faible proportion d'aluminium éprouvent dans l'eau pure une attaque très minime alors que cette dernière est nulle pour le métal Muntz et le laiton naval. Les expériences effectuées dans le but de se rendre compte de la possibilité d'employer ces alliages pour les usages culinaires ont montré que l'eau ordinaire additionnée d'acides organiques bouillants n'attaque pas sensiblement les bronzes à haute teneur en aluminium. Les chiffres contenus dans le tableau suivant permettent de s'en rendre compte. Ils se rapportent à des essais faits à l'aide de plaques immergées pendant six heures dans des solutions bouillantes d'acide oxalique à 1 pour 100, d'acide acétique à 1 pour 100 et d'acide citrique à 2 pour 100 :

Tableau IV.

ALUMINIUM POUR 100	EAU BOUILLANTE	ACIDE OXALIQUE A 1 %	ACIDE ACÉTIQUE A 1 %	ACIDE CITRIQUE A 2 %
100(Al pur)	Perte nulle	0,5 mg	0,1 mg	0,05 mg
98,43	Id.	0,4	0,1	0,1
97,64	Id.	1,0	0,05	0,1
96,36	Id.	1,0	0,1	0,1
95,36	Id.	1,1	0,1	0,1
94,66	Id.	1,2	0,15	0,15

La concentration des acides oxalique et citrique est la plus forte que l'on puisse rencontrer dans les aliments. Les chiffres indiqués représentent la perte en milligrammes par centimètre carré pendant une heure à l'ébullition.

Fabrication. — *a*) Le procédé le plus simple et le plus généralement employé pour la préparation du bronze d'aluminium est l'*union par fusion des deux éléments,* cuivre et aluminium. Différentes précautions sont néanmoins nécessaires pour obtenir des alliages sains, bien fondus, exempts de traces d'oxydes, et pour éviter de trop fortes contractions pendant le refroidissement.

Pour la fabrication du bronze à 10 pour 100 Al, qui est le plus employé, on part d'un mélange de 90 pour 100 en poids de cuivre et 10 pour 100 d'aluminium. Comme il ne se perd que très peu de ce dernier métal pendant l'opération, il n'est pas nécessaire d'en mettre une quantité très supérieure au pourcentage désiré. Pour des fusions demandant une grande exactitude, on se contente de 0,2 à 0,3 pour 100 en plus.

Le cuivre employé doit être de très bonne qualité, autant que possible du cuivre pur électrolytique. L'aluminium doit également être exempt d'impuretés, c'est-à-dire riche à 99,5 pour 100. On commence par fondre le cuivre dans un creuset en graphite, en prenant soin de recouvrir le métal de charbon de bois pour éviter l'oxydation au contact de l'air. Après la fusion du cuivre, qu'on constate au moyen d'une tige de fer ou de graphite, on ajoute l'aluminium. Après sa fusion, celui-ci se porte à la surface du bain ; dès que le mélange est porté au rouge blanc, on l'agite à l'aide d'une tige de graphite : le bronze d'aluminium se forme immédiatement.

Pour couler l'alliage, on recommande, en général, de ne pas l'utiliser directement, mais de lui faire subir deux fusions afin d'augmenter ses qualités mécaniques. On élimine ainsi l'alumine qui reste en suspension dans le métal fondu et qui, pendant la seconde coulée, reste

Digitized by Google

à la surface du bain et n'est pas entraîné ainsi avec l'alliage. Pour éviter l'introduction des crasses dans le moule ou la lingotière, on coule du reste généralement dans une poche intermédiaire dont le fond est muni d'un bouchon que l'on enlève au moment où toutes les pellicules d'oxyde ont remonté à la surface.

C'est à la réduction de l'oxyde de cuivre dissous dans le bain et réduit par l'aluminium qu'est dû le grand dégagement de chaleur constaté au moment où l'on ajoute l'aluminium au cuivre fondu ; il ne provient pas, comme on l'a parfois supposé, de la formation d'une combinaison cuivre-aluminium. C'est pour éviter cette surchauffe qu'on part souvent, pour la fabrication des alliages à faible teneur en aluminium, d'un alliage à 50 pour 100 auquel on ajoute la quantité d'aluminium nécessaire. L'alliage à 50 pour 100 présente, en outre, l'avantage de donner des bronzes plus homogènes que ceux obtenus directement à partir des deux éléments, l'aluminium et le cuivre ayant des densités très différentes ; il est, en effet, très fragile et peut ainsi être divisé en petits fragments, ce qui facilite les opérations sur de petites quantités de matière.

Pour les alliages riches en aluminium et les moulages de grande dimension, les hélices par exemple, la double fusion n'est pas indispensable parce que en opérant sur de grandes masses, les chances d'erreur dans les dosages sont très faibles. Mais un des points les plus importants pour l'obtention de bons alliages est le choix d'une température de coulée convenable. Bien peu de fondeurs, malheureusement, s'en rendent compte et obtiennent ainsi difficilement des alliages sains. On est cependant obligé d'atteindre une température dépassant de 50° environ le point de fusion de l'alliage. On coule habituellement à 700° les alliages riches en aluminium, dont le point de fusion est un peu inférieur à 650°.

Le moulage en lingotière métallique des bronzes d'aluminium présente l'avantage d'activer le refroidissement et, par suite, d'entraver la cristallisation, ce qui donne un alliage à structure très fine ; sa cassure présente un aspect soyeux et des grains très serrés qui augmentent ses qualités mécaniques, notamment la résistance et l'allongement.

Le moulage en sable est assez délicat à cause du retrait. Le sable sec convient mal, il est trop dur et ne permet pas au moulage de se contracter sans donner lieu à la formation de craquelures. Le sable vert, par contre, est doux et n'a pas d'influence fâcheuse sur la contraction.

b) M. L. Guillet a préparé au laboratoire toute une série de bronzes d'aluminium en *réduisant l'oxyde de cuivre par l'aluminium*, d'après la méthode aluminothermique. L'oxyde de cuivre CuO, très pur, est mélangé en proportions déterminées à de l'aluminium en grains fins, mais non en poudre, cette dernière donnant lieu à des réactions trop vives et pouvant provoquer des explosions. La réaction peut être représentée par l'équation chimique suivante :

$$3n\,CuO + (2n + 3m)\,Al = 3Cu^n\,Al^m + n\,Al^2O^3.$$

Dans cette préparation, on est limité par la non-inflammabilité du mélange. Plus on ajoute d'aluminium, plus on diminue la vitesse d'inflammation et, pour une certaine quantité de ce métal, il n'y a même plus du tout inflammation. La limite est atteinte pour l'alliage de formule Al^4Cu.

c) La *réduction électrothermique et électrolytique de l'alumine par le carbone en présence du cuivre* peut également donner du bronze d'aluminium. Elle a même été pendant longtemps appliquée industriellement et constitue la base du procédé Cowles.

La production de l'aluminium par réduction directe de l'alumine à haute température n'est pas pratiquement réalisable ; mais en présence d'un métal tel que le cuivre, assez fixe pour ne pas se volatiliser sensiblement à la température nécessaire à la réduction, il n'en est plus de même ; non seulement le cuivre absorbe les vapeurs d'aluminium, mais il empêche ce dernier de passer à l'état de carbure.

L'appareil employé est un four électrique rectangulaire, brasqué intérieurement avec un mélange de charbon de bois et de chaux. Les électrodes consistent en baguettes de charbon réunies à une masse commune ; elles pénètrent dans le four par deux côtés opposés et sont légèrement inclinées sur l'horizontale. La charge consiste en un mélange de corindon (ou de bauxite), de charbon et de grenaille de cuivre ; on la recouvre de charbon de bois et d'une plaque de fonte formant couvercle et munie d'ouvertures pour le dégagement du gaz. L'opération dure une heure et demie pour des fours ayant environ 1,50 m de longueur et 1,50 m de profondeur. Elle permet d'obtenir des bronzes renfermant de 9 à 12 pour 100 d'aluminium.

Dans le procédé Héroult, l'alumine est fondue et électrolysée dans un four à électrode verticale en charbon et à électrode-sole. Au début de l'opération, on introduit d'abord le cuivre, en petits fragments, dans la cavité du four ; puis on abaisse l'électrode ; le courant passe et fond le métal. Dès que le bain de cuivre est obtenu, on introduit de l'alumine dans le four et on remonte un peu l'électrode verticale. Le courant passe alors à travers l'alumine qu'il fond et décompose. L'aluminium isolé se mélange au cuivre, de sorte que le bronze est formé directement. Pour assurer la continuité de l'opération, il suffit d'alimenter le four régulièrement à l'aide d'un mélange de cuivre et d'alumine. Un trou de coulée ménagé à sa partie inférieure permet d'évacuer l'alliage et de le recueillir dans des lingotières.

d) Il convient de signaler enfin le procédé Prings qui repose sur la *réduction de l'oxyde de cuivre par le carbure d'aluminium*. A une température peu élevée, il y a formation d'alumine, d'acide carbonique et de cuivre métallique. Mais à la température du four électrique, on obtient un alliage de cuivre et d'aluminium d'après la réaction suivante :

$$3\,CuO + C^3Al^2 = Al^2Cu^3 + 3\,CO.$$

Nous ne pensons pas que cette méthode ait été appliquée industriellement.

Digitized by Google

Emplois. — Par ses propriétés mécaniques remarquables, sa grande résistance aux agents chimiques et sa belle couleur or, le bronze d'aluminium aura certainement dans un avenir très prochain de nombreuses et intéressantes applications. L'échec des premières tentatives faites, il y a un demi-siècle, par H. Sainte-Claire Deville doit être attribué au prix de cet alliage, qui valait alors 32 fr le kilogramme. Actuellement il ne dépasse guère celui du cuivre et coûte moins cher que le nickel tout en ayant un plus bel aspect.

Aux points de vue des emplois industriels, on peut distinguer deux catégories principales de bronzes d'aluminium :

1° *Alliages riches en cuivre.* — Ils renferment de 1 à 10 pour 100 d'aluminium et répondent généralement à l'une des trois compositions suivantes :

Cuivre.....	95 à 96 %	92 à 93 %	89 à 90 %
Aluminium....	5 à 4	8 à 7	11 à 10

Au-dessous de 4 pour 100 on a malheureusement un alliage qui s'altère presque aussi rapidement que le cuivre et les laitons ordinaires ; d'autre part, au-dessus de 8 pour 100 il y a toujours à craindre les soufflures qu'on peut éviter, du reste, par une bonne conduite de l'opération de fusion.

2° *Alliages riches en aluminium.* — Ils se rattachent aux deux types suivants :

Cuivre.....	3 à 6 %	2 %
Aluminium.....	97 à 94	98

Ils sont généralement vendus comme aluminium et servent surtout pour les constructions mécaniques et l'automobile.

Il semble cependant qu'aujourd'hui la principale application du bronze à 10 pour 100 Al soit pour les *constructions à la mer*, d'après ce qui a été dit plus haut au sujet de sa grande résistance chimique et de ses qualités mécaniques. Mais il convient également à la fabrication d'un grand nombre de pièces de machines exigeant une grande précision et pour la conservation desquelles la rouille, dans le cas particulier de l'acier, est un obstacle sérieux.

Les alliages riches en aluminium servent surtout dans l'*automobile*, pour la fabrication des pièces formant enveloppe : appareils de changement de vitesse, carters de volants de moteur, etc. L'alliage à 10 pour 100 Al sert pour les pièces de machines (valves, boulons) nécessitant une certaine résistance à l'usure. On l'utilise aussi pour la fabrication des *ressorts*, notamment des ressorts plats prélevés dans des planches écrouies, et pour la préparation des *coussinets* d'excentriques. Cependant, pour ce dernier emploi, c'est l'alliage à 7,6 pour 100 de cuivre qui paraît donner les meilleurs résultats. Tant au point de vue du prix de revient que des qualités mécaniques, il est bien supérieur à l'antifriction le plus généralement adopté (étain-cuivre antimoine), ainsi qu'on peut en juger par les chiffres ci-dessous :

Tableau V.

Nature de l'alliage		Point de fusion	Empreinte sous charge de 2000 kg	Perte de poids par cm² après 1 heure de frottement
Antifriction.	83,83 Sn 11,11 Sb 5,5 Cu	225°	1,68 mm	0,010 g
Bronze d'aluminium	91,77 Al 7,61 Cu	628°	0,81 mm	0,003 g

A égalité de poids, le bronze d'aluminium indiqué ci-dessus coûte moitié prix de l'antifriction. En tenant compte des densités (rapport : 1 à 3), on a une dépense de 2,50 fr pour le bronze contre 15 fr pour l'antifriction.

Les alliages doux et malléables, tels que ceux servant à la fabrication des feuilles, ne renferment que 8 pour 100 environ d'aluminium ; on a un bronze pouvant se laminer facilement et, d'autre part, suffisamment tenace. Ce même alliage à 8 pour 100 s'emploie également pour la fabrication des *tubes sans soudure*.

Le meilleur bronze pour *chevilles*, celles notamment destinées à enrayer les affûts de canons, comprend 9 parties d'aluminium et 81 de cuivre. Sa résistance à la rupture est de 40 kg : mm² et l'allongement de 20 pour 100 ; son grand avantage sur l'acier est qu'il ne prend pas la rouille.

Les *usages domestiques* du bronze d'aluminium ne tendent qu'à s'accroître. On en fait des appareils de filtration, des récipients à eau de Seltz, des vases pour contenir l'eau et le vin, des batteries de cuisine, des poignées, etc. Il présente sur le cuivre l'avantage de ne pas former de vert-de-gris et sur le nickel celui de ne jamais contenir d'arsenic. On l'entretient avec des pâtes à mordant très doux ou un mélange de tripoli et d'eau additionnée de quelques centièmes de carbonate de soude. On doit éviter soigneusement le contact de la soude et de la potasse, de même que celui de l'acide chlorhydrique, qui l'attaquent assez rapidement, surtout en solutions concentrées. Au point de vue des usages culinaires, le bronze d'aluminium possède l'intéressante propriété d'avoir presque la même conductibilité calorifique que l'argent (le plus conducteur des métaux) avec un très faible pouvoir émissif ; de plus, il ne pèse à volume égal, que le tiers environ du fer, du nickel et du cuivre.

Soudure. — Pour la soudure du bronze à 10 pour 100 on a recommandé l'alliage suivant :

Etain.....	90 pour 100
Zinc exempt de fer.....	5
Mercure.....	5

Comme décapant on se sert de chlorure de zinc.

On peut également employer la soudure suivante :

Plomb.....	70 à 80 pour 100
Cadmium.....	30 à 20

Digitized by Google

Comme décapant, on se sert de l'eau à souder ordinaire.

Si l'on veut obtenir une soudure autogène, ce qui est évidemment préférable pour la durée et la solidité du joint, on fera mieux d'utiliser le chalumeau oxyacétylénique ; comme métal d'apport, on emploiera une baguette ayant la composition du bronze à souder. La seule précaution à prendre, s'il s'agit de soudure de pièces assez fortes, c'est de les porter préalablement au rouge et d'exécuter la soudure le plus rapidement possible. Comme poudre décapante, on peut utiliser celle indiquée par l'Union de la Soudure autogène et composée d'un mélange de chlorure de sodium, de borax et d'acide borique. Cette poudre assure un décapage parfait de l'alliage, dissout l'alumine et protège la surface en fusion de l'oxydation ainsi que des gaz de la combustion, ce qui évite les soufflures.

II. — Bronzes d'aluminium complexes.

Bronzes a l'aluminium. — Dans les bronzes où l'aluminium n'entre qu'à l'état de traces, ce métal sert d'*épurateur* en réduisant les oxydes formés au cours de la fusion ou occlus dans les métaux. Dans les bronzes contenant une certaine quantité d'aluminium, soit de 2 à 10 pour 100, ce métal n'augmente en rien les qualités mécaniques des alliages cuivre-étain. On peut s'en rendre compte par les chiffres ci-après, qui se rapportent à un bronze à 90 pour 100 de cuivre et 10 pour 100 d'étain, dans lequel on a substitué à l'étain des quantités croissantes d'aluminium :

Tableau VI.

Composition			Propriétés mécaniques		
Cu pour 100	Sn pour 100	Al pour 100	Résistance à la rupture kg : mm²	Limite élastique kg : mm²	Allongement en centièmes
90,93	9,00	0,07	23,5	11,8	26,2
89,66	9,87	0,47	15,8	9,2	2
89,54	9,70	0,76	12,9	7,7	2
89,05	8,74	2,21	12,9	7,7	2
90,71	5,18	4,11	10,0	6,5	5
89,10	3,59	7,30	17,1	12,5	3

Les résultats de ces essais, dus à L. Guillet, montrent que, lorsque la teneur en aluminium atteint 0,4 pour 100, la résistance à la rupture et la limite élastique descendent brusquement. La fragilité augmente aussi très rapidement. La dureté est un peu modifiée par la présence de l'aluminium. La façon dont ce métal se comporte dans les bronzes au point de vue de la structure fait que ces derniers semblent avoir une teneur en cuivre plus faible que celle qu'ils ont en réalité.

Voici la composition d'un bronze d'aluminium fabriqué par les usines Krupp, à Essen :

Cuivre	8 pour 100
Etain	5
Aluminium	87

La teneur en cuivre peut varier entre 7 et 8,5 pour 100 et celle de l'étain entre 4,5 et 5,5. Cet alliage, destiné à concurrencer les alliages aluminium-zinc, possède, en outre de sa légèreté, une grande facilité de fusion, ce qui permet de l'utiliser pour la fabrication de pièces fondues très homogènes. Il possède un bel aspect blanc jaunâtre.

Les *alliages Cothias* sont formés d'aluminium, de cuivre et d'étain, métaux auxquels on ajoute parfois un peu de manganèse, de titane et de phosphore. Les plus simples de ces alliages présentent l'une des compositions suivantes :

	N° 1	N° 2
Cuivre	180 parties	10 parties
Etain	150	80
Aluminium	10	880

Ils sont assez appréciés dans l'industrie depuis quelques années et contiennent parfois de 30 à 50 pour 100 de zinc. L'alliage n° 1 est employé pour la fabrication des coussinets.

Bronzes a l'aluminium et au fer. — On a cherché à utiliser plusieurs alliages renfermant de l'aluminium, du cuivre et du fer, concurremment au laiton, et notamment ceux correspondant aux compositions suivantes :

	N° 1	N° 2
Aluminium	89,3 %	88,1 %
Cuivre	8,9	8,6
Fer	1,3	2,8

Après laminage à chaud ou étirage à froid, ces deux alliages semblent présenter des propriétés intéressantes, mais au bout d'un certain temps, ils se fendent et deviennent ainsi impropres à tous usages. Ils présentent donc, après écrouissage, les mêmes dangers que le laiton.

On a également essayé, en vue de la construction des bâtiments marins, l'alliage suivant :

Aluminium	7 pour 100
Cuivre	88
Fer	3
Silicium	1,5
Zinc	0,5

Après vingt-cinq mois d'immersion dans de l'eau de mer, ce bronze ne perd que peu de sa résistance initiale bien que la diminution de poids soit assez sensible. Il se rapprocherait, par cette propriété, du bronze ordinaire.

Bronzes a l'aluminium et au manganèse. — Les alliages cuivre-aluminium-manganèse sont surtout utilisés dans l'industrie mécanique et automobile. On les prépare généralement en partant d'aluminium et de cupro-manganèse. Ils sont très médiocrement conducteurs de l'électricité.

Digitized by Google

Voici la composition de deux de ces alliages :

	N° 1	N° 2
Aluminium	90 %	95 %
Cuivre	1	4
Manganèse	8,5	1
Zinc	0,5	1

Une des propriétés les plus curieuses des alliages cuivre-aluminium-manganèse est leur *magnétisme* dans certaines conditions de température et d'équilibre, bien que ne renfermant aucun élément magnétique.

Actuellement on ne connaît que trois métaux magnétiques à la température ordinaire : le fer, le nickel et le cobalt. Portés à une certaine température, qui varie avec chaque métal, ils deviennent non magnétiques ou très faiblement magnétiques. D'autre part, il existe des alliages qui sont magnétiques, quoique renfermant un métal non magnétique : c'est le cas des ferro-aluminiums ne renfermant pas plus de 20 pour 100 d'aluminium ; ils perdent leur magnétisme au-dessus de cette teneur en aluminium. Enfin, on connaît des alliages qui ne sont pas magnétiques quoique formés de deux métaux magnétiques : c'est le cas de certains aciers au nickel. Mais les alliages cuivre-aluminium-manganèse constituent le premier exemple d'un composé magnétique ne renfermant aucun métal magnétique.

L'observation la plus ancienne relative à cette curieuse propriété est due à Hogg qui, en 1892, présenta à l'Association britannique un mémoire sur les ferro-manganèses. Un de ces alliages, à 82 pour 100 de manganèse, qui était non magnétique, le devint par l'addition de 3 pour 100 d'aluminium. Heussler remarqua plus tard qu'un fragment d'alliage aluminium-cuivre-manganèse était attiré par un outil aimanté et même qu'il pouvait attirer les corps magnétiques.

Dans le but d'élucider cette question, Fleming et Hadfield, en 1905, firent préparer des anneaux homogènes destinés à des expériences magnétiques. A l'analyse, ils renfermaient les éléments suivants :

Aluminium	11,65 pour 100
Cuivre	60,49
Manganèse	22,42
Carbone	1,50
Fer et silicium	0,58
Bioxyde de manganèse et silice.	2,50

Chaque anneau fut recouvert d'un enroulement primaire et d'un enroulement secondaire, de manière à pouvoir recevoir un courant magnétisant connu. On notait, dans le secondaire, la force électromotrice induite qui en résultait. Les chiffres obtenus montrent que ces alliages se comportent d'une façon analogue aux substances ferro-magnétiques, tant pour les courbes d'aimantation que pour l'hystérésis. Les courbes d'hystérésis sont, en effet, comparables à celles du fer. La perméabilité est un peu inférieure à celle du cobalt. Ils présentent le phénomène de l'aimantation rémanente et de force coercitive.

On a formulé de nombreuses hypothèses pour chercher à expliquer ce phénomène. On sait du reste que, déjà, Faraday avait émis l'idée qu'en refroidissant suffisamment certains métaux du groupe du fer, le chrome et le manganèse notamment, on verrait apparaître la vertu magnétique.

D'après Fleming et Hadfield, le magnétisme étant la propriété, non pas de l'atome chimique, mais d'un groupement moléculaire particulier, on doit l'envisager comme assez général et prêt à se manifester souvent d'une façon inattendue.

D'après Ch.-Ed. Guillaume, l'aluminium jouerait un rôle important dans la production de ce phénomène au sein des alliages cuivre-aluminium-manganèse. Lorsqu'on additionne le fer, métal magnétique, d'une certaine quantité d'aluminium, on voit ses propriétés magnétiques augmenter. Or, l'aluminium a en même temps pour effet de faire croître en dimensions les cristaux de fer α, fer magnétique par excellence. L'aluminium, bien que ne créant pas des propriétés magnétiques absentes, fait néanmoins apparaître celles-ci en des points où elles n'existaient pour ainsi dire qu'à l'état latent.

On a aussi invoqué la théorie des constituants. Les alliages cuivre-manganèse et cuivre-aluminium sont à peine magnétiques. L'alliage à 70 pour 100 de cuivre et 30 pour 100 de manganèse possède après trempe une aimantation résiduelle plus grande que celle qu'il possédait à l'état brut. D'autre part, l'alliage cuivre-aluminium à 10 pour 100 Al a des propriétés très voisines de celles des alliages cuivre-aluminium-manganèse en ce qui concerne les effets de la trempe et du refroidissement. Il contient le constituant $AlCu^3$, et comme les alliages cuivre-aluminium contenant ce composé (alliages à 12,5 pour 100 environ d'aluminium) sont les plus magnétiques de la série cuivre-aluminium, on a supposé que ce constituant jouait un rôle important dans cette propriété. Heussler et Richarz ont remarqué, en outre, que les alliages magnétiques ternaires aluminium-cuivre-manganèse contiennent des composés ternaires dans lesquels un atome d'aluminium est associé à trois atomes des deux autres métaux. Gartner préfère attribuer les propriétés magnétiques de ces alliages à des solutions solides dans lesquelles entrerait le constituant $AlCu^3$ avec $AlMn^3$ ou du manganèse libre ; il y aurait là un fait analogue à l'action de l'aluminium en petites quantités sur le fer ou à celle du nickel et d'autres éléments sur la position du point de transformation magnétique du fer.

Duralumin. — Le *duralumin* ou *duraluminium* est un bronze d'aluminium contenant de 93 à 95 pour 100 de ce métal, de 3 à 5 pour 100 de cuivre, de 0,5 à 1,5 pour 100 de magnésium et quelques impuretés. Voici la composition exacte d'un échantillon de duralumin :

Aluminium	95 pour 100
Cuivre	3,30
Magnésium	1
Fer	0,29
Silicium	0,22
Manganèse	0,19

Cet alliage, qui a déjà de nombreux emplois, est remarquable par l'ensemble de ses propriétés, tant chi-

Digitized by Google

miques que mécaniques, qui lui donnent sur plusieurs points de sérieux avantages sur l'aluminium.

Au point de vue chimique, le duralumin résiste à l'humidité, à l'eau ordinaire, *à l'eau de mer*, aux acides sulfurique et nitrique et aux vapeurs de ces corps, à l'action du mercure. Il est seulement attaqué par les solutions alcalines et l'acide chlorhydrique. Il n'est pas magnétique, possède un ton argenté et est susceptible de prendre un beau poli.

Au point de vue mécanique, il supporte facilement le laminage, le forgeage, l'étirage à chaud et à froid. Suivant l'usage auquel on le destine, on modifie sa composition et son traitement de manière à faire varier ses caractéristiques mécaniques.

Les chiffres ci-dessous se rapportent à des tôles de 6,5 mm d'épaisseur réduites à 2 mm par des passes successives de 0,75 mm :

Tableau VII.

ÉPAISSEUR DE LA TÔLE EN MM	RÉSISTANCE A LA RUPTURE en kg : mm²	LIMITE ÉLASTIQUE en kg : mm²	ALLONGEMENT EN CENTIÈMES
6,5	45	25,5	18
5,6	50	42	7
4,6	54	45	6,5
3,8	56	48	5
3,2	59	51	4,5

Ces propriétés sont extrêmement remarquables en ce qui concerne la résistance à la rupture et la limite élastique. Toutefois, à partir de 150° C, la résistance à la rupture baisse rapidement, de sorte que le duralumin ne doit pas être employé au-dessus de cette température.

La densité de cet alliage varie entre 2,75 et 2,84, suivant sa composition. Il fond vers 650°. Sa dureté dépasse de beaucoup celle de l'aluminium et du bronze, d'où son nom. Sa conductibilité électrique est plus faible que celle de l'aluminium pur. Il est utilisé sous forme de tôle et de profilés, de tubes, de barres, de fils, de ressorts à boudin, de pièces forgées ou estampées de section quelconque. Mais, de même que la plupart des alliages à ténacité élevée, il ne peut être employé pour les moulages. Comme il est très sonore, il peut servir à la confection des cloches et des instruments de musique. Dans les appareils orthopédiques il a donné de bons résultats. On l'utilise également pour la fabrication des récipients à bière, des chapeaux de fusées. Ses qualités de légèreté et de résistance mécanique supérieures à celle de l'aluminium l'ont fait employer dans la construction du premier dirigeable de la marine anglaise pour lequel il a donné toutes satisfactions.

Le duralumin ne doit pas, lorsque cela est possible, être mis en contact continu avec le cuivre et le bronze, car il forme avec ces corps des couples qui pourraient le corroder à la longue sous l'influence des agents atmosphériques ou de certains produits salins ou acides. Il doit être riveté avec des rivets de fer ou, mieux, de sa propre substance. Mais, lorsqu'on désire le souder, le mieux est d'utiliser comme métal d'apport un fil d'aluminium. En effet, ce métal et le duralumin ont à peu près la même température de fusion, et la liaison entre le métal rapporté et les bords à souder est parfaitement réalisable. Cependant, l'assemblage ainsi réalisé est toujours un peu fragile dans la zone de contact, et la rupture, lorsqu'elle se produit, se fait toujours à côté du métal rapporté.

La soudure autogène du duralumin peut se faire avec un fil de la même composition. On obtient sans difficulté une soudure ayant une grande ténacité, mais sa résistance au choc est extrêmement faible. De plus, si on soumet la partie soudée à un essai de pliage statique, la déformation qu'on peut obtenir avant rupture est très faible : l'alliage ne possède aucune ductilité dans la partie fondue et présente des criques pour un angle de pliage insignifiant. Cela est en rapport avec la structure même de l'alliage après fusion ; le manganèse est seul susceptible de former, avec l'aluminium, une solution solide, tandis que le cuivre et le magnésium, en donnant naissance à un réseau intercristallin d'eutectique, forment des granulations isolées qui se répartissent uniformément dans la masse.

Bronzes a l'aluminium et au magnésium. — Sous le nom de *duralum*, on désigne un alliage différent du précédent et ne contenant pas de manganèse. Il répond à la composition suivante :

Aluminium	79 pour 100
Magnésium	11
Cuivre à 0,5 pour 100 de phosphore	10

Cet alliage est encore peu employé, bien qu'on ait tenté son utilisation pour la fabrication des aéroplanes. C'est qu'en effet une teneur de 10 pour 100 de cuivre semble élevée, surtout en présence de 11 pour 100 d'un métal durcissant comme le magnésium et qui doit évidemment donner lieu à un alliage par trop cassant.

Bronzes a l'aluminium et au tungstène. — Susini et Langlois ont préparé des alliages aluminium-cuivre-tungstène dans lesquels le pourcentage des trois éléments varie suivant le but de l'alliage. Les principaux types ont l'une des compositions centésimales ci-dessous :

Al pour 100	Cu pour 100	Tu pour 100
3 pour 100	95 pour 100	1,5 pour 100
5	90	4,5
7	88	4,5
8	86	5,5
10	83	6,5

Ces alliages contiennent, en outre, 0,5 pour 100 environ de phosphore. Pour les préparer, on peut allier les trois métaux en commençant par fondre le tungstène et le cuivre, puis ajouter l'aluminium en dernier lieu. On peut aussi, suivant les inventeurs, préparer le cuprotungstène en réduisant le wolfram par le charbon en présence de cuivre pur dans un four électrique. On obtient ainsi un alliage binaire contenant 50 pour 100

Digitized by Google

de chacun de ses deux éléments. On place ensuite dans un creuset la quantité de cuivre nécessaire pour obtenir dans le produit final le pourcentage désiré de ce métal et on le fait fondre après y avoir introduit la proportion voulue de cupro-tungstène préparé antérieurement. Lorsque le bain liquide a atteint la température du rouge blanc, on ajoute l'aluminium. On purifie finalement l'alliage en l'additionnant, après brassage, de 0,5 à 0,75 pour 100 de phosphore.

Ces bronzes sont surtout destinés à la fabrication des pièces mécaniques nécessitant une dureté et une résistance mécanique supérieures à celles des bronzes ordinaires.

Bronzes a l'aluminium et au vanadium. — L'addition de petites quantités de vanadium aux alliages cuivre-aluminium se traduit par une augmentation importante de leur charge de rupture. C'est ainsi qu'un bronze d'aluminium contenant 94,5 pour 100 de cuivre et 5,5 pour 100 d'aluminium a une charge de rupture qui passe brusquement de 32 à 68 kg : mm² lorsqu'on l'additionne de 0,1 pour 100 seulement de vanadium. Ce métal possède du reste la propriété, dans presque tous les alliages où on l'incorpore, d'augmenter les qualités mécaniques de ces derniers.

Bronzes a l'aluminium et au silicium. — Les bronzes d'aluminium siliciés, ou alliages ternaires cuivre-aluminium-silicium, ont encore peu d'emplois. Ils sont concurrencés par les cupro-siliciums, les bronzes d'aluminium ordinaires et les bronzes siliceux, qui possèdent d'importantes qualités. Susini et Langlois ont cependant breveté l'alliage suivant :

Aluminium	9 pour 100
Cuivre	90
Silicium	1

On l'obtient en chauffant d'abord pendant deux heures dans un creuset de plombagine et à la température de fusion de l'acier, un mélange comprenant 20 parties d'aluminium et 80 parties de fluosilicate de potassium. D'autre part, on fait fondre du cuivre et on ajoute en quantité convenable l'alliage obtenu dans la première opération.

Bronzes a l'aluminium et au phosphore. — Pour la soudure autogène des cuivres, laitons et bronzes, Granjon et Rosemberg ont préconisé un alliage cuivre-phosphore-aluminium dans lequel ce dernier métal n'entre qu'en très faible quantité. Le phosphore lui-même est en petite proportion dans l'alliage, car il ne doit pas subsister dans la soudure après son exécution. L'aluminium est destiné à la désoxydation des soudures ; pour cette raison, l'alliage doit être très homogène. Le phosphore agit aussi comme désoxydant.

Cet alliage est généralement obtenu sous forme de baguettes coulées, ce qui rend sa préparation assez délicate.

Secrétan a imaginé aussi divers bronzes qui renferment des traces de phosphore. Ce dernier est ajouté au bronze d'aluminium à l'état de phosphure de cuivre ou d'aluminium. L'alliage renferme en outre un peu de nickel (0,01 pour 100 environ).

Bronzes divers. — Sous le nom d'*or de Nuremberg* on fabrique un alliage présentant la composition suivante :

Aluminium	7,5 pour 100
Cuivre	90
Or	2,5

Il possède une belle couleur or encore plus accentuée que celle du bronze d'aluminium proprement dit, c'est-à-dire un peu plus pourprée. On l'utilise en bijouterie.

Les *bronzes d'aluminium au nickel* sont parfois employés dans l'industrie mécanique : le rôle du nickel semble être d'augmenter la résistance à la rupture et les allongements.

Le *wolframinium* (1), imaginé par Roman et Reinhard, répond à la composition suivante :

Aluminium	98 pour 100
Tungstène	0,04
Cuivre	0,37
Etain	0,10
Antimoine	1,44

Ecroui, cet alliage présente une résistance à la rupture de 38,7 kg : mm² et un allongement de 2,14 pour 100. Recuit, il a une résistance à la rupture de 16,5 kg : mm² et un allongement de 15,24 pour 100.

Le *bronze Hélouis* est un alliage quaternaire cuivre-aluminium-vanadium-cobalt, employé concurremment au bronze ordinaire et au laiton au vanadium. Sa résistance à la rupture varie entre 42 et 45 kg : mm².

Il existe également des bronzes d'aluminium renfermant du fer et du silicium. Ces deux éléments semblent jouer le même rôle que l'aluminium en augmentant la résistance à la rupture et en diminuant les allongements. Les alliages qui donnent les meilleurs résultats dans l'industrie sont ceux pour lesquels la somme aluminium + silicium égale 8 à 10 pour 100. Avec plus de 10 pour 100 de ces éléments réunis, on a des alliages trop fragiles ; avec moins de 8 pour 100, on a une résistance trop faible.

Ajoutons que l'industrie utilise aussi, pour certaines applications spéciales, des alliages encore plus complexes que les précédents. C'est ainsi qu'on emploie parfois certains bronzes d'aluminium contenant un plus ou moins grand nombre d'éléments additionnels, tels que le bore, le zinc, le silicium, etc. La gamme de ces alliages est très étendue et tend chaque jour à s'accroître encore par les multiples nécessités de la pratique industrielle.

Jean Escard,
Ingénieur civil, Lauréat de l'Institut.

(1) Mot formé de la réunion *wolfram* (minerai de tungstène) et *aluminium*.

Digitized by Google

Calcul des résistances de décharge

Dans l'établissement d'une résistance de décharge destinée à protéger contre les surtensions de rupture un appareil possédant de la self-induction, il y a lieu de déterminer : 1° le taux de surtension maximum ; 2° l'énergie dissipée dans la résistance de décharge après la rupture ; 3° la puissance perdue de façon permanente dans cette résistance. Toutes ces grandeurs sont aisément calculables. On a insisté sur l'application particulière aux circuits inducteurs.

Considérons fig. 1) un appareil ayant uniquement de la résistance R et de la self-inductance L. Cet appareil est alimenté par une différence de potentiel continue constante u lorsqu'on ferme l'interrupteur A ; il est shunté de façon permanente par une résistance de décharge r que nous supposons dénuée de self-induction. On sait que l'emploi d'une telle résistance de décharge a pour but d'atténuer la surtension produite aux bornes de l'appa-

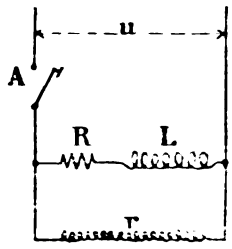


Fig. 1.

reil RL lors de la rupture en A du courant d'alimentation.

Très souvent, afin d'éviter une perte permanente de puissance dans la résistance r, celle-ci n'est branchée aux bornes du circuit RL à protéger que très peu de temps avant la rupture.

L'interrupteur A étant fermé et le régime permanent établi, le courant I_0 dans la branche RL est

$$I_0 = \frac{u}{R}. \qquad (1)$$

Taux de surtension maximum. — Si l'on ouvre brusquement l'interrupteur A, le courant I en RL est donné par l'équation différentielle

$$L.\frac{dI}{dt} + (r+R).I = 0, \qquad (2)$$

laquelle intégrée en tenant compte de ce que $I = I_0$ pour $t = 0$ instant de la rupture donne

$$I = \frac{u}{R}.e^{-\frac{r+R}{L}t}. \qquad (3)$$

L'intensité I étant alors commune à la branche r et à la branche RL, la différence de potentiel u_r aux bornes de r pendant la décharge est

$$u_r = rI = \frac{r}{R}.u.e^{-\frac{r+R}{L}t}; \qquad (4)$$

cette expression de u_r est maximum pour $t = 0$, et cette valeur maximum est

$$(u_r)_{max} = \frac{r}{R}.u. \qquad (5)$$

Le taux τ de surtension maximum est donc

$$\tau = \frac{(u_r)_{max}}{u} = \frac{r}{R}, \qquad (6)$$

expression indépendante de L, contrairement à ce que l'on pourrait croire a priori par une trop immédiate relation de cause à effet entre self-inductance et surtension.

Cette indépendance de L pour τ est d'ailleurs bien évidente ; elle résulte immédiatement de ce que le courant en L ne peut changer brusquement au moment de la rupture et y conserve donc sa valeur de régime permanent I_0 pour l'instant $t = 0$, rupture effectuée ; la tension u_r à cet instant est donc

$$u_{r_{t=0}} = rI_0 = \frac{r}{R}.u, \qquad (7)$$

expression identique à (5).

On remarque, d'après (6), que $\tau = \infty$ pour $r = \infty$, c'est-à-dire en l'absence de résistance de décharge ; résultat bien connu, mais atténué par une certaine conductibilité des isolants, par leur charge, par la lenteur relative des coupures et surtout par les courants induits dans les masses métalliques plus ou moins massives traversées par le flux de l'enroulement RL.

Énergie dissipée dans la résistance de décharge après la rupture. — L'énergie W dissipée en r pendant la décharge de L est

$$W = \int_0^\infty u_r.I\,dt; \qquad (8)$$

En remplaçant ici u_r et I par leurs valeurs (3) et (4), il vient

$$W = \frac{1}{2}.L.\frac{u^2}{R^2}.\frac{r}{r+R}, \qquad (9)$$

ou encore

$$W = \frac{1}{2}.L.I_0^2.\frac{r}{r+R}. \qquad (9^{bis})$$

L'une ou l'autre des expressions de W (9 ou 9 *bis*)

Digitized by Google

permet de déterminer l'élévation de température de la résistance r astreinte à absorber cette énergie en un temps supposé très court.

PUISSSANCE PERDUE DE FAÇON PERMANENTE DANS LA RÉSISTANCE DE DÉCHARGE. — Lorsque la résistance de décharge r est branchée en permanence aux bornes de l'appareil RL, la puissance perdue dans cette résistance est

$$p = \frac{u^2}{r}; \qquad (10)$$

celle perdue dans l'appareil est

$$P = \frac{u^2}{R};$$

et l'on peut écrire

$$p = P.\frac{R}{r} = \frac{P}{\tau}. \qquad (11)$$

Les expressions (10) ou (11) permettent de calculer la puissance perdue en régime continu dans la résistance de décharge et d'en déduire l'élévation de température correspondante.

APPLICATION PARTICULIÈRE AUX CIRCUITS INDUCTEURS. — Dans le cas où l'appareil RL est constitué par un circuit inducteur de machine électrique, on calculera très aisément la self-inductance L de ce circuit en le supposant parfaitement feuilleté, c'est-à-dire sans induction mutuelle; la valeur de L sera obtenue par excès. Cet excès serait encore plus accentué si l'on n'envisageait que la seule réluctance de l'entrefer.

Considérons par exemple un inducteur à p-polaire avec n_1 spires par pôle et tous les enroulements des pôles en série. Si $\mathcal{R}$ est la réluctance totale (carcasse, masse polaire, entrefer, dents et noyau d'induit) correspondant à 1 pôle, le flux par pôle est

$$\Phi = \frac{4\pi}{10}.\frac{n_1.i}{\mathcal{R}}, \qquad (12)$$

i désignant le courant inducteur, en ampères.

La force électromotrice e, en volts, induite dans la totalité des $2p$ bobines pour une variation di du courant ou une variation $d\Phi$ du flux par pôle, en un temps dt peut s'exprimer de deux façons

$$-e = 2p.n_1.\frac{d\Phi}{dt}.10^{-8} = L\frac{di}{dt}, \qquad (13)$$

L étant exprimé en henrys.

En tirant $\frac{d\Phi}{dt}$ de (12) et portant en (13), on obtient

$$L = 2p.\frac{4\pi}{10}.\frac{n_1^2}{\mathcal{R}}.10^{-8} \text{ henrys}. \qquad (14)$$

L'équation (12) donne la valeur de $\mathcal{R}$ pour une valeur quelconque de i et pour la valeur correspondante de Φ prise sur la caractéristique à vide de la machine

$$\mathcal{R} = \frac{4\pi}{10}.\frac{n_1.i}{\Phi}; \qquad (15)$$

cette valeur portée en (14) donne

$$L = 2p.n_1.\frac{\Phi}{i}.10^{-8} \text{ henrys}, \qquad (16)$$

valeur très aisément calculable d'après la caractéristique à vide.

Une règle souvent adoptée consiste à prendre

$$r = 3 \text{ à } 5\ R,$$

ce qui correspond par conséquent à un taux de surtension

$$\tau = 3 \text{ à } 5.$$

Ayant eu l'occasion d'adapter des résistances de décharge branchées de façon permanente aux bornes des inducteurs d'alternateurs d'une plate-forme d'essais, excités tous sous 110 v, nous avons adopté pour τ la valeur approximative

$$\tau = 10;$$

la surtension correspondante de 1 100 v et la perte de puissance permanente en r de $\frac{1}{10}$ de la puissance d'excitation semblent acceptables.

Les résistances de décharge étaient constituées par des éléments, dits tubes T, de la Compagnie française Thomson-Houston; chacun de ces tubes peut dissiper 100 w en régime continu et absorber en régime instantané 10 à 15 kilojoules pour une élévation de température mesurée par thermomètre d'environ 120° C.

Paul GIRAULT.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Prescriptions suisses concernant la livraison et les essais des lampes à incandescence.

Sous les auspices de l'Union des Centrales suisses d'Électricité, il a été créé une Association pour l'achat des lampes à incandescence désignée en abrégé par A. A. L. Cette Association a adopté certaines prescriptions pour les livraisons des lampes à incandescence et pour les essais qu'elle effectue sur ces lampes. En mars dernier, sur la proposition de son Comité, elle a adopté diverses modifications et compléments à celles qui étaient appliquées jusqu'ici. Nous reproduisons ci-dessous, d'après le « Bulletin de l'Association suisse des Electriciens », 1917, n° 12, p. 378-384, le texte français de ces nouvelles prescriptions (1).

I. — Conditions techniques pour la livraison des lampes a filament métallique et a ampoule vide. — § 1. — Les présentes conditions sont valables pour toute livraison d'au moins 100 lampes de même type.

Elles ne sont pas applicables aux lampes de tension inférieure à 100 et supérieure à 250 v. et aux lampes s'écartant des grandeurs normales de 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80 et 100 w, ni aux lampes à ampoule en verre dépoli ou coloré.

§ 2. — Les lampes sont livrées en deux types désignés par A et B, l'un à faible et l'autre à plus forte consommation spécifique. A ces deux types correspondent respectivement les durées utiles (voir § 8) de 800 et 1 600 heures.

§ 3. — Le classement des lampes se fait suivant la puissance en watts qu'elles absorbent.

§ 4. — Les lampes doivent porter, gravées d'une façon très lisible sur le culot ou sur le verre, les inscriptions suivantes :

1. La marque du fabricant.
2. La tension d'estampillage.
3. La consommation totale en watts, avec la désignation « watts ».
4. La désignation du type auquel appartient la lampe « A » ou « B ».
5. L'estampille de l'association « A. A. L. ».

En outre sur le désir du commettant :

6. L'intensité lumineuse moyenne sphérique.
7. La marque du commettant.

On désigne par *tension d'estampillage* la tension que le fabricant inscrit sur la lampe.

La désignation « watts » doit figurer sur la lampe, mais non le mot « volts ».

Les lampes qui ne portent pas les désignations prescrites ou qui ne les portent qu'en partie ne seront pas admises à l'essai et les commettants sont invités à ne pas en prendre livraison.

§ 5. — Les lampes devront être exemptes de défauts de matière ou de fabrication. Les ampoules seront en verre clair, sans tache et de forme symétrique. La fixation de l'ampoule au culot doit être telle que les deux axes se confondent; les connexions seront soudées aux culots solidement et sans emploi d'acide.

(1) On peut se procurer les deux éditions française et allemande de ces prescriptions aux bureaux du secrétariat général de l'Association suisse des électriciens, Neumuhlequai, 12, Zurich, 1.

Si les culots des lampes correspondent à des types pour lesquels l'A. A. L. a établi des normes, ils devront y répondre rigoureusement.

§ 6. — L'essai des lampes par rapport à la consommation de puissance et à l'intensité moyenne s'effectue à la tension d'estampillage.

§ 7. — La consommation en watts et l'intensité lumineuse des lampes doivent satisfaire aux prescriptions suivantes :

La *consommation* mesurée ne doit pas s'écarter de plus de ± 4 pour 100 de la valeur inscrite sur la lampe. Pour les lampes de grandeur inférieure à 25 w l'écart peut atteindre ± 1 w.

L'*intensité lumineuse moyenne sphérique* mesurée ne doit pas s'écarter de plus de ± 15 pour 100 des valeurs indiquées dans le tableau suivant :

CONSOMMATION EN WATTS	TENSION D'ESTAMPILLAGE EN VOLTS	TYPE A INTENSITÉ LUMINEUSE MOYENNE SPHÉRIQUE HK_0 (1)	TYPE B INTENSITÉ LUMINEUSE MOYENNE SPHÉRIQUE HK_0 (1)
10	100—139	7,5	5,0
	140—199	7,0	
	200—250	6,5	
15	100—139	12,0	9,0
	140—199	11,5	
	200—250	11,0	
20	100—139	16,5	13,5
	140—199	16,0	12,0
	200—250	15,5	10,0
25	100—139	21,0	17,5
	140—199	20,5	16,5
	200—250	20,0	15,0
30	100—139	25,5	21,5
	140—199	25,0	20,5
	200—250	24,5	19,0
40	100—139	34,5	29,0
	140—199	34,0	28,0
	200—250	33,0	27,0
50	100—139	43,0	36,0
	140—199	42,0	35,0
	200—250	42,0	34,5
60	100—139	51,0	44,0
	140—199	51,0	43,5
	200—250	51,0	43,0
80	100—139	67,0	59,0
	140—199	67,0	58,5
	200—250	67,0	58,0
100	100—139	85,0	76,0
	140—199	85,0	75,0
	200—250	85,0	74,0

(1) L'intensité lumineuse moyenne horizontale suivant laquelle les lampes étaient généralement spécifiées autrefois et dont il est question dans les anciennes conditions de livraison, correspond approximativement à 1,2 fois l'intensité lumineuse moyenne sphérique pour les lampes dont le filament métallique est disposé de la façon habituelle.

Digitized by Google

§ 8 (1). — On entend par *durée utile*, le nombre d'heures de service que les lampes ont fournies sous la tension d'estampillage avant que leur intensité lumineuse sphérique ait diminué de 20 pour 100 par rapport à la valeur initiale. Pour une lampe qui se trouve hors service avant d'atteindre cette diminution de pouvoir éclairant, la durée utile est égale à la durée totale.

Le contrôle de la durée utile s'effectue pour les lampes du type A à la tension d'estampillage. Pour les lampes du type B, on détermine, par un essai préliminaire pour un groupe de 5 lampes (§ 9), la tension pour laquelle les lampes à essayer ont une consommation spécifique moyenne qui les ferait classer dans la catégorie des lampes du type A. Cette tension, supérieure à la tension d'estampillage, sera la tension sous laquelle se fera l'essai de durée utile.

Ne sont soumises à cet essai de durée que des lampes qui satisfont aux prescriptions du § 7; on choisira, en outre, parmi celles-ci, les lampes dont la consommation et l'intensité lumineuse mesurées à la tension d'estampillage se rapprochent le plus des valeurs indiquées sur la lampe.

§ 9. — L'essai de *durée utile* qui n'est exécuté que sur ordre spécial du commettant s'effectue sur 5 lampes de chaque sorte et du même envoi.

Le contrôle de l'*intensité lumineuse* et de la *consommation en watts* porte en général sur 10 pour 100 des lampes de chaque envoi. Si l'envoi comprend moins de 150 lampes, on en contrôlera au moins 15 et s'il comprend plus de 1500 lampes, on en contrôlera au plus 1500. Parmi les lampes soumises à l'essai, les divers types doivent se trouver représentés dans la même proportion que dans l'ensemble de l'envoi.

Les lampes endommagées pendant l'essai ou au déballage ne comptent pas pour l'essai.

§ 10. — Un envoi de lampes peut être refusé dans les cas suivants :

1. Lorsque plus de 40 pour 100 des lampes soumises à l'essai n'atteignent pas la durée utile de 800 heures.

2. Au plus tard trente jours après l'arrivée des lampes à la Station d'essai des Matériaux, lorsque plus de 20 pour 100 des lampes essayées ne correspondent pas à l'une ou à plusieurs des prescriptions relatives à la fabrication, l'intensité lumineuse ou la consommation en watts.

Si les lampes sont refusées par suite de l'essai de durée utile, le fabricant supportera les frais d'essai et le prix des lampes soumises à l'essai.

Si le commettant a mis en service une partie des lampes de l'envoi avant la fin de l'essai, il ne pourra refuser que la partie qui n'a pas encore eté utilisée.

Les lampes qui ont déjà été en service ne peuvent plus être refusées, mais par contre celles qui ont servi à l'essai.

§ 11. — La Station d'essai des Matériaux de l'A. S. E. à Zurich est désignée comme instance de contrôle. Le commettant lui adressera les lampes à essayer sitôt après réception de l'envoi.

§ 12. — La Station d'essai des Matériaux dressera des procès-verbaux de tous les essais. Du fait de la commande et de son acceptation, ces procès-verbaux sont reconnus par le commettant et le fournisseur comme devant faire foi en cas de contestation.

La contestation des envois est affaire du commettant.

II. — Conditions techniques pour la livraison des lampes a filament métallique et a ampoule remplie de gaz. — § 1 (1). — Les présentes conditions sont valables pour toute livraison d au moins 25 lampes de même type. Elles ne sont pas applicables aux lampes de tension inférieure à 100 v et supérieure à 250 v et aux lampes s'écartant des grandeurs normales de 40, 60, 75, 100, 200, 300, 400, 600, 1 000, 2 000, 3 000, 5 000 w, ni aux lampes à ampoule en verre dépoli ou coloré.

§ 2. — Les lampes doivent être livrées pour une *durée utile* (voir § 7) d'au moins 800 heures.

§ 3. — Le classement des lampes se fait suivant la puissance en watts qu'elles absorbent.

§ 4. — Les lampes doivent porter, gravées d'une façon très lisible sur le culot ou sur le verre, les inscriptions suivantes :

1. La marque du fabricant.
2. La tension d'estampillage.
3. La consommation totale en watts avec la désignation « watts ».
4. L'estampille de l'Association « A. A. L. »

En outre, sur le désir du commettant :

5. L'intensité lumineuse moyenne sphérique.
6. La marque du commettant.

On désigne par *tension d'estampillage* la tension que le fabricant inscrit sur la lampe.

La désignation « watts » doit figurer sur la lampe, mais non le mot « volts ».

Les lampes qui ne portent pas les désignations prescrites ou qui ne les portent qu'en partie ne seront pas admises à l'essai et les commettants sont invités à ne pas en prendre livraison.

§ 5. — Les lampes devront être exemptes de défauts de matière ou de fabrication. Les ampoules seront en verre clair, sans tache et de forme symétrique. La fixation de l'ampoule au culot doit être telle que les deux axes se confondent; les connexions seront soudées aux culots solidement et sans emploi d'acide.

Si les culots des lampes correspondent à des types pour lesquels l'A. A. L. a établi des normes, ils devront y répondre rigoureusement.

§ 6. — L'essai des lampes par rapport à la consommation de puissance et à l'intensité lumineuse moyenne sphérique s'effectue à la tension d'estampillage.

§ 7 (2). — La consommation en watts et l'intensité lumineuse des lampes doivent satisfaire aux prescriptions suivantes.

La *consommation* mesurée ne doit pas s'écarter de

(1) Le texte allemand du deuxième alinéa de ce paragraphe, se rapportant aux lampes du type B, n'est pas absolument clair. Le texte français est rédigé de manière à éviter tout malentendu. Voici dans quel sens le paragraphe en question doit être interprété dans l'édition allemande :

» Die Kontrolle der *Nutzbrenndauer* bezw. der Lebensdauer geschiecht für die Lampen der Type A bei der Stempelspannung. Für die Lampen Type B wird durch einen Vorversuch mit einer Gruppe von 5 Lampen (§ 9) diejenige Spannung festgestellt, für welche diese Lampen einen mittleren spezifischen Wattverbrauch besitzen gleich demjenigen von Lampen der Type A jener Spannung. Bei dieser Spannung, die höher als die Stempelspannung ist, wird alsdann die Nutzbrenndauer bestimmt ».

(1) La pratique a démontré la nécessité et la possibilité de remplacer la grandeur normale de 50 w, adoptée précédemment, par les grandeurs normales de 40, 60 et 75 w. Celles-ci ont été adoptées par l'A. A. L. en complément aux prescriptions du 9 mars 1917.

(2) La première condition du troisième alinéa, § 7 de l'édition allemande, a été reconnue après coup comme inutile, et par conséquent n'a pas été prise en considération dans la présente édition.

Dans le § 7 sont également comprises les lampes de grandeur normale de 40, 60 et 75 w adoptées conformément à la remarque au § 1.

Digitized by Google

plus de ± 5 pour 100 de la valeur inscrite sur la lampe.

L'*intensité lumineuse moyenne sphérique* mesurée ne doit pas s'écarter de plus de ± 15 pour 100 de la valeur inscrite sur la lampe. La *consommation spécifique* correspondante ne doit pas dépasser les valeurs maxima contenues dans le tableau suivant :

CONSOMMATION EN WATTS	CONSOMMATION SPÉCIFIQUE MAXIMUM EN WATTS PAR HK_0 AUX TENSIONS D'ESTAMPILLAGE DE	
	100—174 VOLTS	175—250 VOLTS
40	1,15	—
60	1,05	—
75	1,0	—
100	0,9	1,0
200	0,8	0,9
300	0,7	0,8
400	0,7	0,8
600	0,65	0,7
1 000 et plus	0,65	0,65

On entend par *durée utile* le nombre d'heures de service que les lampes ont fournies sous la tension d'estampillage avant que leur intensité lumineuse sphérique ait diminué de 20 pour 100 par rapport à la valeur initiale. Pour une lampe qui se trouve hors service avant d'atteindre cette diminution de pouvoir éclairant, la durée utile est égale à la durée totale.

Le contrôle de la durée utile s'effectue à la tension d'estampillage.

Ne sont soumises à cet essai de durée que les lampes qui satisfont aux prescriptions du § 7; on choisira en outre parmi celles-ci les lampes dont la consommation de puissance totale et l'intensité lumineuse mesurées à la tension d'estampillage se rapprochent le plus des valeurs inscrites sur la lampe.

§ 9. — L'essai de *durée utile*, qui n'est exécuté que sur ordre spécial du commettant, s'effectue sur cinq lampes de chaque sorte du même envoi.

Le contrôle de l'*intensité lumineuse* et de la *consommation* en watts porte sur 5 pour 100 des lampes de chaque grandeur, et au moins sur 10 pièces.

Les lampes endommagées pendant l'essai ou au déballage ne comptent pas pour l'essai.

§ 10. — Un envoi de lampes peut être refusé dans les cas suivants :

1. Lorsque plus de 40 pour 100 des lampes soumises à l'essai n'atteignent pas la durée utile de 800 heures.

2. Au plus tard 30 jours après l'arrivée des lampes à la Station d'essai des Matériaux, lorsque plus de 20 pour 100 des lampes essayées ne correspondent pas à l'une ou à plusieurs des prescriptions relatives à la fabrication, l'intensité lumineuse ou la consommation de puissance.

Si les lampes sont refusées par suite de l'essai de durée utile, le fabricant supportera les frais d'essai et le prix des lampes soumises à l'essai.

Si le commettant a mis en service une partie des lampes de l'envoi avant la fin de l'essai, il ne pourra refuser que la partie qui n'a pas encore été utilisée.

Les lampes qui ont déjà été en service ne peuvent plus être refusées, mais par contre celles qui ont servi à l'essai.

§ 11. — La Station d'essai des Matériaux de l'A. S. E. à Zurich est désignée comme instance de contrôle. Le commettant lui adressera les lampes à essayer sitôt après réception de l'envoi.

§ 12. — La Station d'essai des Matériaux dressera des procès-verbaux de tous les essais. Du fait de la commande et de son acceptation ces procès-verbaux sont reconnus par le commettant et le fournisseur comme devant faire foi en cas de contestation.

La contestation des envois est affaire du commettant.

III. — PRESCRIPTIONS POUR LA MESURE DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE DES LAMPES A INCANDESCENCE. — *Définition de l'intensité lumineuse moyenne sphérique.* — 1. *L'intensité lumineuse moyenne sphérique* est la moyenne de l'intensité lumineuse émise par la lampe à incandescence dans toutes les directions de l'espace.

2. L'unité d'intensité lumineuse est la *bougie*. Elle est définie par l'intensité lumineuse horizontale de la lampe Hefner conformément à la spécification admise en 1911 par l'Association des Électrotechniciens allemands (Bougie Hefner, désignation « HK »).

MÉTHODE D'ESSAI. — 3. *L'intensité lumineuse moyenne sphérique* est mesurée au moyen de la *sphère d'Ulbricht* en combinaison avec un photomètre d'éclairement. La constante d'éclairement de la sphère se détermine par des lampes normales appropriées à ce but.

4. La sphère d'Ulbricht possède à sa face interne un enduit blanc mat parfaitement homogène, une ouverture pour l'introduction de la lampe à mesurer et une ouverture à laquelle est adaptée la plaque en verre laiteux ou dépoli du photomètre d'éclairement. (Photomètre de rue de Brodhum, photomètre à plaque de verre laiteux de Weber et autres).

5. On introduit d'abord dans la sphère une lampe normale ou une lampe de comparaison appropriée, dont l'intensité lumineuse moyenne sphérique est connue, et on effectue une mesure au photomètre d'éclairement. Cette mesure donne la constante de la sphère. On remplace ensuite la lampe normale par la lampe à mesurer. La valeur obtenue dans le nouveau photométrage, multipliée par la constante de la sphère, correspond à l'intensité lumineuse moyenne sphérique cherchée.

Lignes de transmission aériennes à haute tension.

Les ingénieurs anglais ont construit récemment, aux colonies ou à l'étranger, plusieurs grandes lignes de transmission à très haute tension. De plus, la nécessité de ménager les ressources en charbon et de lutter contre la concurrence des pays qui tirent des chutes d'eau et des lignes de transmission électriques une force motrice à très bon marché, fait apparaître comme possible l'établissement prochain en Angleterre même de lignes de transmission à des tensions de l'ordre de 100 kv, réunissant entre eux divers réseaux déjà existants, ou transmettant en gros l'énergie produite dans les bassins houillers. Cette perspective a été le motif d'une étude, faite par un ingénieur anglais, de la pratique actuelle de la construction des lignes aériennes, étude que nous analysons ici (1) :

CONSTRUCTION GÉNÉRALE DES LIGNES DE TRANSMISSION. — *Disposition des conducteurs.* — Les conducteurs peuvent

(1) G.-V. TWISS, *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, juin 1917, t. LV, p. 413-449, 27 000 mots, 30 fig., 1 tab.

Digitized by Google

être disposés d'une quelconque des façons représentées par la figure 1 ; elle se rapporte à une ligne double, mais pour une ligne simple on n'a qu'à prendre la moitié de chaque schéma. Le choix entre ces diverses dispositions est influencé par des considérations électriques et mécaniques. Ces dernières sont :

La possibilité pour les fils de venir en contact sous l'action du vent ;

L'effort exercé sur les traverses et les poteaux ;

La neige, qui peut charger inégalement les conducteurs ou, en tombant subitement de l'un d'eux, produire une détente qui fait s'entrechoquer les fils.

Au point de vue électrique, les dispositions A et B sont également satisfaisantes. La pose en triangle équilatéral n'est cependant pas de première importance ; on l'a omise sur plusieurs grandes lignes modernes.

Au point de vue du contact accidentel par balancement dû

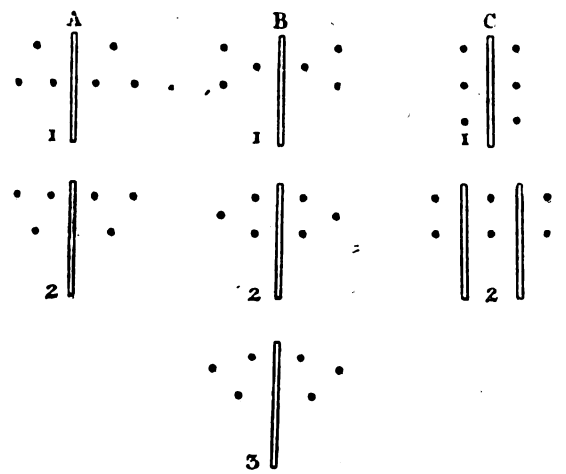


Fig. 1. — Disposition des conducteurs.

au vent, C_1 est le meilleur dispositif, B_1, B_2 et B_3 viennent ensuite, tandis qu'au point de vue de la neige C_1 est le pire et A le meilleur. Le dispositif B est cependant aussi bon que A si la base du triangle est légèrement écartée de la verticale, comme dans B_3.

Il semble donc que le dispositif B avec la base du triangle non tout à fait verticale est le meilleur pour les lignes doubles, puisqu'il donne les pylônes les plus courts et les traverses les plus courtes compatibles avec l'absence de danger de contact accidentel par balancement ou charge de neige et que, de plus, il conserve la disposition triangulaire, qui est plutôt désirable si elle ne fait pas naître d'inconvénient.

Pour les lignes simples, la disposition horizontale (C_2 dans la figure 1) a des avantages, car le pylône est ainsi le plus court possible et il est impossible que la neige amène les conducteurs au contact Mais ce système exige la plus grande longueur de traverse et on emploie plus souvent la disposition triangulaire A ou B.

Espacement des conducteurs. — Cette question est en rapport avec des considérations : 1° mécaniques (possibilité pour les fils de venir en contact par suite d'un balancement dû au vent) ; 2° électriques (celles-ci comprenant, pour les très hautes tensions, la possibilité de la perte par effet couronne).

Les considérations mécaniques dépendent naturellement de la disposition des fils : horizontale, verticale ou triangulaire.

Pour la disposition horizontale, une discussion donnée par l'auteur le conduit à proposer les espacements définis par les courbes de la figure 2.

Pour la disposition verticale, il faut considérer que les fils peuvent être abaissés inégalement par la glace ou la neige, ou soulevés ou abaissés inégalement par le vent. L'espacement doit donc être en rapport avec la portée ; une bonne règle paraît être de donner 1 m d'écartement par 100 m de portée.

Pour la disposition triangulaire, si la base du triangle est horizontale, l'espacement sera déterminé comme dans le

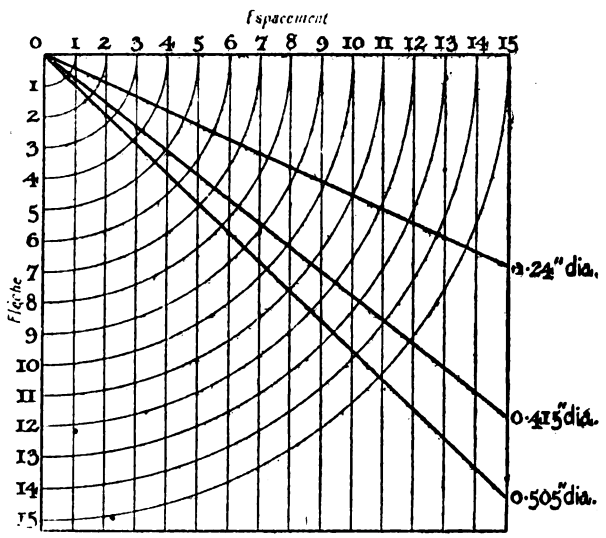


Fig. 2. — Courbe des espacements entre conducteurs.

Les chiffres des deux axes de coordonnées et des diamètres de conducteurs expriment des pouces (25 mm 4).

cas de la disposition horizontale ; si elle est verticale, il sera déterminé comme dans le cas de la disposition verticale.

En ce qui concerne les considérations électriques, on connaît les formules qui permettent de résoudre la question.

On obtient ainsi deux valeurs pour l'espacement, l'une par voie électrique, l'autre par voie mécanique ; la valeur à choisir finalement dans un cas donné est la plus grande des deux.

Tension et charge des conducteurs. — Le règlement du Board of Trade admet que les conditions de charge maximum des conducteurs ont lieu pour un vent de 25 livres par pied carré (environ 122 kg : m²) à une température de 22° F (— 5°56 C) sans neige ni glace sur les conducteurs, et on exige que le facteur de sécurité pour les conducteurs dans ces conditions soit 5.

Dans d'autres pays, on se base sur des hypothèses différentes et on stipule des facteurs de sécurité différents. Ainsi les « Joint Report Recommendations » des Etats-Unis admettent une certaine charge de glace et un vent faible. En comparant le règlement anglais à ceux des Etats-Unis et du Canada, l'auteur trouve que ces derniers admettent un facteur de sécurité égal à 3 environ ; ce facteur est celui qu'adoptent la plupart des pays.

Digitized by Google

Les valeurs du facteur de sécurité et de la charge maximum qu'on suppose possible ont une grande influence sur la meilleure longueur de portée à adopter et sur le coût de la construction de la ligne.

Longueur de portée la plus économique. — On trouve en Angleterre des portées de l'ordre de 40 à 50 m (150 pieds) avec un maximum d'environ 90 m (300 pieds), tandis qu'à l'étranger la portée habituelle est de l'ordre de 150 m (500 pieds), atteignant même 200-220 m (700 pieds) aux Etats-Unis et au Canada. Ces chiffres s'entendent pour portées normales et ne s'appliquent pas aux portées exceptionnelles du franchissement des vallées et des rivières. On peut s'arranger pour obtenir une même sécurité avec une longueur quelconque (raisonnable) de portée, et l'économie doit être la seule considération à suivre.

L'auteur donne plusieurs ensembles de courbes indiquant : 1° les longueurs de portée en fonction des flèches maximum ou de l'effort transversal sur un conducteur pour des conducteurs de différents diamètres ; 2° les prix de revient des supports, en bois ou en métal, en fonction de leur hauteur, pour différentes valeurs de leur charge de rupture ; 3° le prix de revient des supports, en bois ou en métal, par mile de longueur de la ligne de transmission, en fonction de la longueur de la portée, pour différents diamètres des conducteurs, la ligne étant à 3 fils ou à 6 fils. Une moitié de toutes ces courbes est établie d'après les hypothèses du Règlement anglais, l'autre moitié d'après celles du Règlement des Etats-Unis. L'examen de ces courbes conduit aux constatations suivantes :

1° Plus le conducteur est de forte section, plus la portée la plus économique est longue, et vice versa ;

2° Plus forte est la tension mécanique des fils, plus la portée la plus économique est longue, et vice versa ;

3° Plus les conducteurs sont gros, plus est grande la différence entre les longueurs de portée les plus économiques déterminées, soit d'après le Règlement américain, soit d'après le Règlement anglais (ceci est dû à la charge de glace que le Règlement américain admet sur les conducteurs) ;

4° Plus forte est la tension des conducteurs, moindre est le prix de revient de la ligne de transmission ;

5° Plus le nombre de conducteurs est grand, plus est courte la portée économique ;

6° La portée économique n'est jamais inférieure à 75 m environ (250 pieds) pour les cas considérés ;

7° Les poteaux en bois sont impraticables pour des charges de rupture de 10900 kg (24000 livres) et au-dessus, tandis que, pour des charges de rupture allant jusqu'à 2700 kg, les supports en bois ont toujours l'avantage sur ceux en acier.

Les portées de 45 m environ (150 pieds) n'ont donc pas de raison d'être au point de vue économique. Elles conviennent bien aux lignes télégraphiques, et c'est peut-être pour cette raison qu'on les a adoptées pour les lignes de transmission.

On constate qu'en se conformant au Règlement du Board of Trade, le prix des supports pour des portées de 45 m dépasse de 1500 fr : km le prix des supports pour les portées de la longueur la plus économique.

Charge des supports. — En tous les points de la ligne qui ne sont ni des extrémités ni des angles, les efforts dans la direction longitudinale sont équilibrés ou à peu près, sauf quand un conducteur se brise, cas qu'on va examiner. Il est donc inutile d'y mettre des supports pouvant supporter les charges longitudinales maximum ; il suffit qu'ils puissent résister à l'action transversale due à la poussée du vent sur les fils. La pratique montre de grandes divergences quant à la résistance de ces supports aux efforts longitudinaux ; pour les uns, elle est presque nulle ; pour d'autres (poteaux de bois en forme d'A), la résistance dans la direction de la ligne est à peu près le tiers de la résistance transversale, et enfin certains supports employés à l'étranger ont même résistance dans les deux directions. Les fils pouvant se rompre, les supports doivent posséder une certaine résistance transversale, mais on considère généralement que la rupture d'un fil sur trois ou de deux sur six est le pire cas à considérer. Si l'on emploie des isolateurs rigides, les attaches des conducteurs permettront généralement à ces conducteurs de glisser ; si l'on emploie des isolateurs à suspension, le chapelet d'isolateurs se placera dans le prolongement de la portée, de sorte que, dans l'un ou l'autre cas, la tension du conducteur ne sera pas entièrement transmise au support ; celui-ci fléchira d'ailleurs jusqu'à un certain point, ce qui réduira encore l'effort supporté par lui. La charge restante ne serait donc guère supérieure, par exemple, à l'effort transversal supporté par le conducteur. Si l'on veut être en sécurité dans le cas de la rupture d'un fil sur trois, cela signifie donc que les supports d'alignement doivent avoir dans le sens longitudinal une résistance égale au tiers de leur résistance transversale. Ainsi, même dans le cas de la rupture simultanée de tous les fils, la charge serait encore inférieure à la résistance des supports en raison de leur coefficient de sécurité et de leur fléchissement.

Choix du type d'isolateur d'après la charge mécanique et la tension. — Les isolateurs rigides transmettent naturellement leur charge au support avec un bras de levier plus ou moins long. Le rôle propre de ces isolateurs est donc de soutenir les conducteurs là où les charges sont relativement faibles, c'est-à-dire sur les poteaux d'alignement où la charge n'est due qu'à l'effort du vent sur les conducteurs, et sur les poteaux d'angle faible. Là où les charges sont fortes, comme aux extrémités de la ligne et aux grands angles, on doit employer des isolateurs qui transmettent leur charge directement sans bras de levier, tels que l'isolateur à double encastrement et l'isolateur de traction.

L'isolateur à double encastrement, bon au point de vue mécanique, devient extrêmement volumineux, même à des tensions relativement basses, en raison du fait que les moitiés inférieure et supérieure de son isolement sont en parallèle, de sorte qu'il n'équivaut qu'à un isolateur à simple encastrement de volume moitié moindre. C'est ce qu'indique la figure 3, qui représente un isolateur ordinaire et

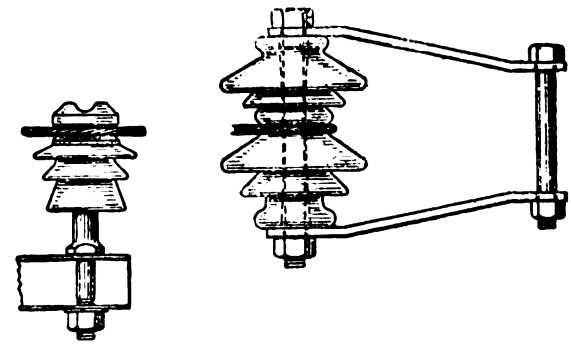


Fig. 3. — Isolateur d'alignement et isolateur d'angle ayant le même isolement.

Digitized by Google

un isolateur à double encastrement ayant des isolements comparables. C'est ce qu'on oublie souvent, de sorte que les points tendus de certaines lignes n'ont qu'un isolement égal à la moitié de celui du reste de la ligne.

On peut cependant obtenir facilement un isolement comparable par l'emploi d'isolateurs de tension du type à disques (fig 4), qu'on peut constituer avec un disque, deux ou

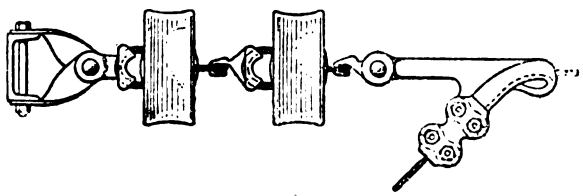


Fig. 4. — Isolateur de tension du type à disques.

plus suivant les besoins. Ce système fait rapidement disparaître celui du double encastrement.

Il est possible de fabriquer des isolateurs rigides de dimensions suffisantes pour une tension de service de 80 000 v, mais guère davantage. Comparés à des isolateurs à suspension, d'ailleurs, de tels isolateurs sont beaucoup plus faibles électriquement et mécaniquement, et beaucoup plus coûteux. La figure 5 montre en effet que la limite éco-

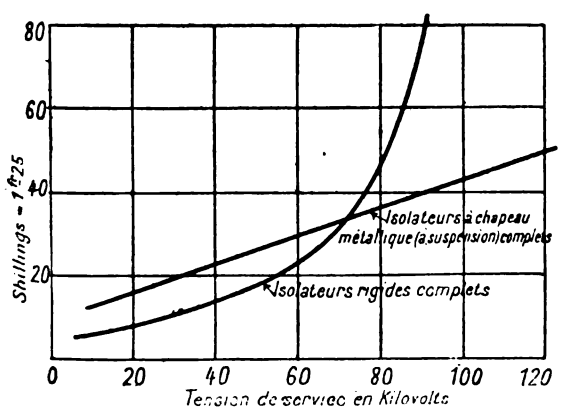


Fig. 5. — Prix comparatif des isolateurs.

Shillings, 1 fr. 25 ; Kilovolts (working), tension de service en kilovolts ; Pin-type insulators complete, isolateurs rigides complets ; Metal hooded insulators complete, isolateurs à chapeau métallique (à suspension) complets.

nomique d'emploi des isolateurs rigides se trouve à 66 000 v.

Isolateurs de ligne. — Un isolateur de ligne, au point de vue électrique, doit être regardé comme un condensateur statique plus ou moins compliqué, avec des lames isolantes de porcelaine (diélectrique d'un pouvoir inducteur élevé) et d'air (diélectrique de pouvoir inducteur faible), les armatures du condensateur étant le conducteur et son attache, la tige ou autre mode de fixation, et peut-être les couches de ciment. Les lois relatives aux condensateurs lui sont donc applicables.

Ondes de tension momentanées. — Un coup de foudre peut se composer de plusieurs décharges séparées, dont chacune induit dans les fils une tension presque illimitée, limitée seulement par la tension nécessaire pour amorcer un arc entre la ligne et la terre, et la rapidité d'élévation du potentiel peut atteindre une valeur immense, égale par exemple à celle d'un quart de période d'une fréquence d'un million de périodes par seconde. Ce phénomène se manifestera sous forme d'une onde à mouvement rapide et à front très raide qui pourra être amortie et dissipée au bout d'une distance assez faible par la résistance de la ligne, l'effet de peau et l'effet couronne, ou qui pourra atteindre l'extrémité de la ligne, s'y réfléchir et engendrer des oscillations d'une fréquence qui dépendra de la capacité et de la self-induction de la ligne.

Les surtensions causées par les manœuvres d'interrupteurs et les arcs à la terre peuvent s'élever au double de la tension de service et donnent lieu à des oscillations d'une fréquence qui dépend des constantes de la ligne et qui est de l'ordre de 1 000 à 5 000 p : sec, ce qui indique la raideur de leur front, mais tandis qu'une surtension due à une manœuvre d'interrupteur est trop courte pour mettre en mouvement plus de deux ou trois trains d'onde, la surtension due à un arc peut durer beaucoup plus longtemps.

On doit donc chercher à établir des isolateurs pouvant résister à ces ondes instantanées à front raide et à ces oscillations de haute fréquence. L'auteur donne des indications sur ce point. Tous les isolateurs bien établis se reconnaîtront aux essais à la faiblesse de l'effet couronne qui précédera l'amorçage d'arc.

L'auteur donne des indications sur les conditions mécaniques auxquelles doivent satisfaire les isolateurs rigides et suspendus et trace un programme des essais à leur faire subir.

P. L.

Eclateurs à boules pour parafoudres (1).

On sait que chaque isolant possède la propriété de demander une certaine durée d'application d'un potentiel anormal avant que se produise la décharge disruptive.

Nous appellerons cette propriété, spécifique de chaque corps, retard diélectrique à l'éclatement, ou plus brièvement retard.

Le retard varie suivant la nature du diélectrique, son épaisseur, la loi d'application du potentiel anormal et la forme des électrodes.

En faisant varier ces dernières caractéristiques, on fait varier le retard d'une fraction de microseconde à plusieurs minutes.

Le retard diminue très rapidement quand croît la vitesse d'application du potentiel. Il est par suite évident qu'il joue un rôle important dans le cas des coups de foudre ou autres surtensions causées par des ondes à front raide.

C'est du retard et de ses variations que proviennent les contradictions apparentes des observations de la pratique. On observe souvent, par exemple, que l'arc s'amorce entre deux points plus éloignés l'un de l'autre que ne le sont deux autres points soumis à la même tension. On constate des ruptures d'isolateurs sous des tensions inférieures à celles d'essai.

L'influence du retard est mise en évidence par une série d'expériences faites à la G. E. Co et où, d'ailleurs, le seul diélectrique étudié a été l'air.

On avait monté en parallèle quatre systèmes d'éclateurs : 1° isolateur et tige métallique ; 2° éclateur à cornes ; 3° éclateur à boules ; 4° éclateur à pointes.

(1) V.-E. Goodwin. *General Electric Review*, août 1917. t. xx, p. 658-661, 1500 mots, 7 fig.

Digitized by Google

Voici quelques résultats d'expériences suffisants pour fixer les idées sur l'allure générale des phénomènes.

1° Les différentes parties des appareils étant à une certaine distance les unes des autres, on rapproche l'isolateur de la tige métallique jusqu'à provoquer la décharge :

Tension observée : 157 kv (à 60 p : s).

Il faut remarquer que, dans ce cas, la décharge se fait en ligne droite du sommet de l'isolateur jusqu'à la broche métallique.

Pour des fréquences plus élevées, l'étincelle suit le contour de l'isolateur.

2° On rapproche les pointes jusqu'à décharge :

Tension observée : 130 kv.

3° Les *distances* de l'isolateur à la tige métallique d'une part, et *entre pointes* d'autre part, *restant les mêmes que ci-dessus*, on rapproche les branches de l'éclateur à cornes jusqu'à décharge :

Tension observée : 140 kv.

4° *Toutes les distances restant les mêmes que ci-dessus*, on rapproche les sphères de l'éclateur à boules jusqu'à décharge :

Tension observée : 170 kv.

Aucun effet corona sur les autres parties du montage.

Il résulte de ces essais que l'éclateur à boules présente un retard moindre que les autres éclateurs.

Ce retard est sensiblement proportionnel aux dimensions linéaires de la sphère.

Il en est de même pour des diélectriques autres que l'air.

La G. E. Co applique les notions précédentes à la construction des parafoudres, d'après les principes suivants :

1° Le retard de l'isolant doit être aussi grand que possible.

2° Le retard de l'éclateur doit être aussi faible que possible.

La réalisation pratique est faite de la façon suivante :

On monte en série avec un parafoudre électrolytique un dispositif comprenant, montés en parallèle :

1° Un éclateur à boules ;

2° Un éclateur à cornes ; sur les cornes de ce dernier sont adaptées deux boules.

Le premier équipage est monté en dessous du second.

Le premier sert d'éclateur principal pour les surtensions d'ondes à front très raide.

Le deuxième forme l'éclateur auxiliaire et est réglé de façon à provoquer la décharge pour la plus grande partie des surtensions à haute fréquence.

L'éclateur à cornes fonctionne pour les ondes à basse fréquence à front incliné, et pour le soufflage magnétique des arcs.

L'addition des sphères aux éclateurs à cornes a pour conséquence la diminution du retard à l'éclatement ainsi que de la contrainte des isolants.

J. G.

Les avantages de la cuisine électrique pour les abonnés et pour les secteurs (1).

L'introduction expose les raisons qui font prévoir une livraison avantageuse du courant électrique pour les besoins de la cuisine, aussi bien pour les abonnés que pour les secteurs, en particulier pour les usines hydro-électriques. La principale est le renchérissement de tous les combustibles.

I. — Avantages pour les abonnés. — La cuisine électrique sera avantageuse pour les abonnés dès que son prix de revient global ne sera plus supérieur à tous les autres genres de cuisine, y compris la cuisine au gaz. Le prix légèrement plus élevé des appareils nécessaires est compensé par l'absence des dangers d'explosion, d'asphyxie, etc., et par une plus grande propreté. Il s'agit donc simplement de pouvoir livrer le courant électrique au même prix que le gaz. Or, la consommation journalière du gaz est en moyenne de 0,3 à 0,5 m³ par personne, et surtout suivant l'esprit d'économie plus ou moins grande des abonnés. Pour la cuisine électrique, la consommation moyenne ressort d'une statistique portant sur 333 familles de différentes localités à 0,88 kw-h et à 1,04 kw-h par personne et par jour suivant que l'installation comporte ou non le service d'eau chaude. L'expérience montre finalement qu'un mètre cube de gaz peut être remplacé par 1,4 kw-h. La cuisine électrique sera donc avantageuse s'il est possible de délivrer le kilowatt-heure à un prix deux à trois fois moindre que le mètre cube de gaz. Le prix moyen du gaz avant la guerre était de 18 à 20 centimes, il atteint maintenant 30 centimes le mètre cube. Les prix équivalents du kilowatt-heure seraient donc de 10 et 15 centimes. Or, ces prix sont déjà pratiqués en Suisse par plusieurs secteurs.

II. — Avantages pour les secteurs. — Certains secteurs objectent que ces prix n'offrent pas une marge suffisante par rapport au prix de revient moyen du kilowatt-heure. On peut répondre à cela qu'ils ne doivent pas être considérés seuls, mais bien conjointement avec ceux déjà pratiqués pour d'autres applications, l'éclairage par exemple.

Une autre objection plus sérieuse est qu'il devient nécessaire d'augmenter la capacité des diverses installations du secteur (machines, canalisations, transformateurs, appareillage), d'où des frais supplémentaires de réfection et d'entretien. On peut admettre, en effet, que, pour une famille moyenne (5 personnes), l'énergie nécessaire à la cuisine est environ dix fois supérieure à celle qui est utilisée pour l'éclairage seul, et varie de 1 500 à 2 200 kw-h par an, se répartissant très inégalement aux différentes heures de la journée (voir fig. 1). On constate, d'ailleurs, qu'à égalité de

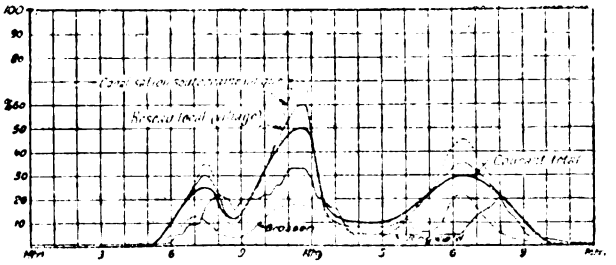


Fig. 1.

consommation totale, les pointes sont d'autant plus accentuées que les abonnés sont moins nombreux et les canalisations plus faiblement calculées. Leur importance dépend surtout du rapport du nombre d'abonnés à la cuisine à celui des abonnés à l'éclairage. Ce rapport varie de 1/5 à 1/3 pour un certain nombre d'installations actuelles et il en résulte une augmentation des pointes journalières de 25 à

(1) Deuxième rapport de la Commission des appareils de chauffage et de cuisine. *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, juillet 1917, p. 173-192, 9900 mots, 5 fig.

Digitized by Google

48 pour 100. La figure 2 montre cette influence sur un réseau local moyen fournissant l'éclairage et la force motrice. La pointe du soir atteint 121 pour 100 et 133 pour 100 suivant le nombre des abonnés. Il y a lieu, néanmoins, de remarquer que la pointe due au courant de cuisson est toujours plus importante à midi que le soir, ce qui contribue à mieux répartir l'énergie horaire.

Dans la plupart des cas, l'adoption de la cuisine électrique par 1/5 des abonnés à l'éclairage (proportion qui ne

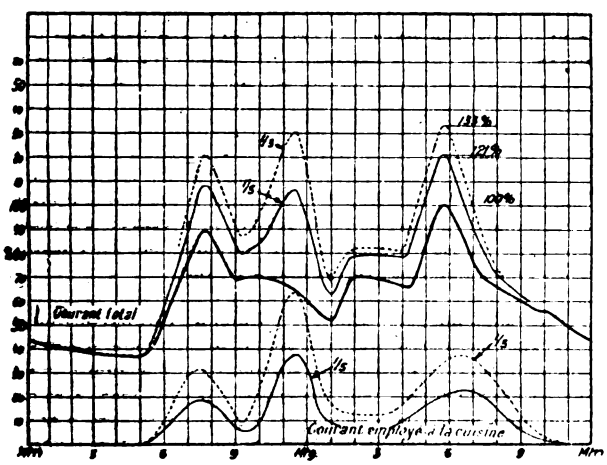


Fig. 2.

semble devoir être dépassée que très rarement), exigerait le renforcement des sections des canalisations principales qui devraient être multipliées par 1,5 ou 1,7 suivant que le réseau fournit déjà l'éclairage et la force, ou l'éclairage seulement. C'est là que réside la principale difficulté du problème, étant donnée surtout la pénurie actuelle en matériel électrique de toute sorte.

III. — Tarif a appliquer. — En attendant que ces modifications soient possibles, un certain nombre de secteurs pourraient du moins utiliser, grâce à la cuisine électrique, le supplément d'énergie dont ils disposent à certaines heures, surtout vers le milieu de la journée et aussi de la nuit, et s'assurer ainsi, dès maintenant, une clientèle intéressante. Il est d'ailleurs facile de restreindre dans une large mesure et même d'éviter la modification des installations existantes, en adoptant ou plutôt en vulgarisant le système du double tarif, le tarif le plus élevé étant adopté aux heures où l'éclairage est le plus nécessaire, afin de réduire le plus possible la chute de tension. Les prix les plus convenables à cet effet semblent être de 8 à 10 centimes par kilowatt-heure pour le tarif réduit, et de 12 à 13 centimes pour le tarif normal. On peut aussi adopter un tarif d'hiver plus élevé de 1 ou 2 centimes que le tarif d'été. L'expérience montre que l'adoption du tarif d'hiver a pour résultat de réduire de 10 pour 100 environ la consommation totale annuelle. L'emploi des cuiseurs électriques, des auto-cuiseurs et autres appareils économiseurs est à recommander dans le but d'économie générale.

Il serait également à souhaiter que les secteurs adoptent le tarif de nuit (tarif réduit) à partir de 10 heures du soir au lieu de minuit. Ce tarif pourrait dans bien des cas être abaissé jusqu'à 4 centimes par kilowatt-heure pour le service de chauffage de l'eau dans les hôtels, villas, communautés, logements de familles nombreuses, il durerait de 10 heures du soir à 6 heures du matin.

Que le tarif soit double ou même triple, le comptage doit, dans tous les cas, être installé aussi simplement et économiquement que possible, et facilement contrôlable et compréhensible pour l'abonné. Il est souvent plus simple d'employer deux compteurs qu'un seul à double sensibilité. Dans ce cas, la canalisation doit être double : l'une pour l'éclairage, l'autre pour la cuisine et la force (ventilateurs, appareils de chauffage, etc.).

Le compteur à double tarif a l'avantage de ne nécessiter qu'un système de canalisation. Il est surtout recommandable quand la période de fort tarif est assez courte et quand ce tarif est peu élevé. On peut, dans bien des cas, simplifier ce système par les moyens suivants : emploi d'un commutateur général pour tous les compteurs de la même maison ; enclanchement automatique du commutateur du compteur par la fermeture du courant d'éclairage ; ouverture du circuit de chauffage par la mise en service du circuit d'éclairage ; mise hors circuit intermittente ou même suppression complète du compteur aux heures de tarif réduit, etc.

Enfin, il est encore possible d'augmenter considérablement le rendement ou plutôt l'efficacité des appareils électriques de cuisine actuellement en usage. Les constructeurs ont le devoir de s'attacher à résoudre ce problème urgent.

J. C.

Relèvement du prix de l'électricité à Cognac.

Comme suite aux informations déjà publiées ici sur ce sujet (1), nous reproduisons ci-dessous une note parue dans la « Revue municipale » du 16-30 novembre 1917.

La Commission de l'Éclairage a été réunie pour statuer sur la demande de M. Metzger directeur de la station électrique, pour un relèvement de prix temporaire résultant de la nécessité où il se trouve de faire usage de bois de chêne pour la production de l'électricité.

Il résulte de l'enquête qui a été faite auprès des villes de la région qui emploient le même système de chauffage, que le prix de l'électricité a été augmenté dans des proportions diverses.

M. Metzger avait proposé une augmentation de 0,15 fr par kilowatt-heure, mais après de nouveaux pourparlers avec la municipalité, il consentit à accepter 0,10 fr par kilowatt-heure. Ce relèvement de prix se traduit, pour une lampe de 16 bougies, la plus répandue à Cognac, par une augmentation par heure d'éclairage de 0,0016 fr.

Après discussion, la Commission de l'Eclairage a décidé, en raison de l'urgence et de l'importance des intérêts en cause, de donner satisfaction à M. Metzger en ce qui concerne le relèvement de 0,10 fr par kilowatt-heure, pour une durée de six mois, à dater du 1er août prochain. Elle a décidé, en outre, que, si le prix du combustible venait à baisser, le montant de l'indemnité serait diminué en proportion de la baisse.

Le Conseil municipal de Cognac a ratifié cette décision.

(1) *Revue générale de l'Electricité*, 10 février et 21 août 1917, t. 1, p. 231 et 639.

Digitized by Google

Notes pratiques

Démarrage d'un moteur à gaz par alimentation de la génératrice qu'il entraîne (1). — Il s'agissait de démarrer un moteur à gaz de 35 ch, 3 cylindres, accouplé à une génératrice de courant continu. Comme puissance, on disposait d'une batterie de 80 A-h, 110 v, et d'une génératrice de 15 kw, 125 v entraînée par un moteur de 20 ch, 1 cylindre. — Si on emploie une résistance dans le circuit de l'armature et si le champ en dérivation est maximum, le courant de démarrage monte à 75 A sous 110 v. Comme ce courant dépasse le courant de décharge de la batterie en une demi-heure (40 A), le procédé ne fut pas trouvé judicieux. On chercha à éliminer la résistance de démarrage et à obtenir le couple suffisant sans épuiser la batterie. — L'excitation shunt fut connectée comme l'indique la figure, de façon qu'en fermant les deux interrupteurs hexapolaires vers la droite, les bobines de champ soient toutes en parallèle. En même temps, l'interrupteur bipolaire à deux directions est fermé vers la droite, inversant le champ série, éliminant la dérivation et mettant les bobines parallèles ci-dessus en série avec le champ série

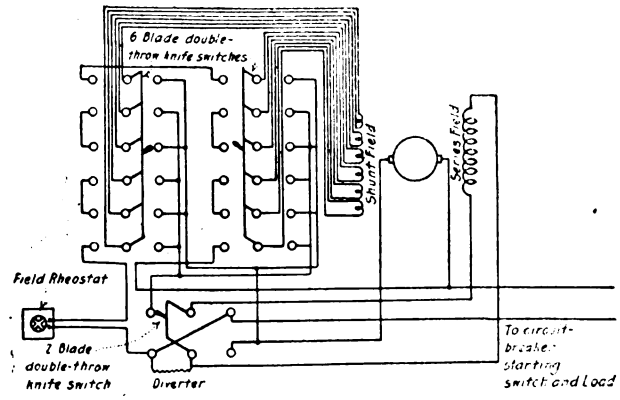


Fig. 1. — Connexions permettant d'effectuer le démarrage d'un moteur à gaz par le côté génératrice en se servant d'une batterie ou d'une autre génératrice plus faibles.

6 Blade double-throw knife switches, interrupteurs hexapolaires à 2 directions; Shunt Field, champ-dérivation; Series Field, champ-série; Field rheostat, rhéostat de champ; 2 Blade double-trow knife switch, interrupteur bipolaire à 2 directions; Diverter, dérivation; To circuit breaker starting switch and load, vers le coupe-circuit de démarrage et l'alimentation.

et l'armature. De cette façon on a, en quelque sorte, affaire à un moteur-série, avec l'avantage que l'inductance de l'excitation shunt permet au courant de l'armature de s'élever doucement. Si, en outre, on met les deux moitiés de la batterie en parallèle, il est possible d'atteindre une vitesse de 100 t : min avec un courant de 65 A. Quand le groupe atteint la pleine vitesse, on coupe le circuit de la batterie et on ferme tous les autres interrupteurs vers la gauche, ce qui produit la disposition ordinaire des génératrices compound. — Il est encore possible de démarrer avec le groupe de 15 kw marchant à 110 v, mais alors on prend 130 A; quand on doit l'utiliser à cela, on réduit la tension à environ 70 v pour le démarrage. — En adoptant le dispositif décrit on craignait des ennuis à cause des nombreux contacts en série dans le circuit de l'excitation shunt; on a toujours obtenu toute satisfaction. — P. V.

(1) Karl B. M'Eachron. *Electrical World*, 21 juillet 1917, t. LXX, p. 113, 500 mots, 1 fig.

Règles pour le calcul pratique des canalisations intérieures. — Le calcul des conducteurs des installations intérieures est trop souvent laissé à l'initiative d'ouvriers ne possédant pas les connaissances suffisantes à cet effet; il résulte couramment de cette pratique des inconvénients plus ou moins graves et un gaspillage de matières premières qui pourraient être évités en donnant quelques règles simples, d'application facile. Les règles suivantes, que nous communique un de nos lecteurs, M. P. Pichenot, de Clermont-Ferrand, répondent à ce but.

Intensité dans une ligne. — Dans le cas particulier de l'éclairage, l'intensité du courant est déterminée d'après la surface du local à éclairer au moyen de la formule $I = kS$, I étant l'intensité cherchée exprimée en ampères, S la surface en mètres carrés, k un coefficient dont la valeur dépendra du genre de local : habitations, magasins, ateliers, dépôts. Par exemple, pour un appartement, on peut admettre une puissance de 5,5 w : m², ce qui, pour la tension ordinaire de 110 v, conduit à $k = 0{,}05$, et, par suite, à $I = \frac{S}{20}$.

Pour avoir l'intensité dans la ligne principale, il suffira de faire la somme des intensités trouvées pour chaque local. L'intensité totale ainsi prévue détermine le type de compteur à adopter.

Diamètre des conducteurs en cuivre. — Pour les fils isolés au caoutchouc et placés sous moulures, on a toute sécurité en adoptant la formule $d = 4\sqrt[3]{I^2}$, formule qui correspond à une déperdition d'énergie calorifique d'environ 1 joule ou 0,24 petite calorie par seconde par décimètre carré de surface de fil conducteur et où d désigne le diamètre en dixièmes de millimètre, I étant l'intensité en ampères déterminée comme il vient d'être dit. Cette formule peut être avantageusement remplacée par la suivante, d'application plus commode, $d = I + 10$, dont les résultats concordent pratiquement avec la précédente pour les diamètres usuellement employés. Ainsi pour un courant I de 15 A on prendra un fil de $15 + 10 = 25$ dixièmes de millimètre.

On obtiendrait de même le diamètre d'un fil de section équivalente à celle d'un câble à 7 ou 19 conducteurs.

Le diamètre minimum des fils à employer est de 1,2 mm, diamètre qui permet l'usage d'appareils de chauffage domestique tels que réchauds, séchoirs, fers à repasser, etc., dont l'usage se répand de plus en plus.

Coupe-circuits. — Ils sont bipolaires pour les intensités supérieures à 3 A. Ils sont toujours bipolaires lorsqu'un des conducteurs est normalement relié à la terre (cas fréquent dans les distributions à 190-110 v).

Les fils d'alliage fusible spécial ont un diamètre égal aux deux tiers de celui du conducteur de cuivre qu'ils protègent. Dans le cas d'un câble à 7 conducteurs, le diamètre du fusible est le double du diamètre des fils constituant le câble.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Compagnie électrique de Menton.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 4 DÉCEMBRE 1917.

Le nombre des abonnés a augmenté légèrement, mais, d'autre part, beaucoup de ceux-ci sont absents ou n'usent pas de courant, notamment les casinos, hôtels, pensions, etc..., les recettes, 20 000 fr, sont toujours inférieures de près de moitié sur l'exercice 1913-1914 où elles atteignaient 324 200 fr, contre 35 655,02 fr l'an dernier.

Le solde du compte profits et pertes, 34 632,34 fr, est employé pour des amortissements.

La Compagnie n'ayant pas réalisé de bénéfices, il n'y a rien à verser à la réserve légale ni aux actionnaires.

Un tirage au sort de 74 obligations sur 521 en circulation a eu lieu à la suite de la réunion; elles seront remboursées le 1er avril 1918.

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.

	fr
Concessions	24 000 »
Terrains, immeubles	258 900 »
Matériel à vapeur et électrique	265 001 »
Canalisations, transformateurs, compteurs, branchements, etc	354 456,68
Mobilier, outillage	2 »
Matériel en magasin, charbon	66 880,65
Obligations non émises	200 000 »
Espèces en caisse	4 351,70
Banquiers	114 993 »
Débiteurs divers	33 722,25
Portefeuille	145 296,25
Titres en dépôt	1 000 »
Frais de constitution	1 »
	1 468 604,53

Passif.

	fr
Capital actions	860 000 »
Réserve statutaire	17 434,65
Obligations	460 500 »
Coupons des obligations	7 061,25
Coupons de dividende	1 554 »
Cautionnements des abonnés	68 337,68
Fournisseurs et créditeurs	18 601,60
Anticipations	21 015,35
Retraites ouvrières	787,95
Réserve spéciale	1 422,05
Réserve extraordinaire	11 890 »
Comptes profits et pertes	
	1 468 604,53

Société industrielle des Téléphones.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 15 DÉCEMBRE 1917.

La continuation de la guerre a déterminé une recrudescence dans la consommation des câbles téléphoniques et de tous les autres objets manufacturés dont la fourniture est demandée pour les besoins de la Défense nationale. La fabrication des usines a été poussée jusqu'à l'extrême limite de puissance de production.

La Société a notablement augmenté le chiffre de ses affaires, malgré la hausse des salaires et du prix des matières premières. Pour parer à l'usure excessive du matériel, l'assemblée propose un amortissement de 1 million supérieur à celui de l'année dernière.

La Société a acquis des terrains pour agrandir les ateliers de la rue des Entrepreneurs, de Levallois et de Bezons; dans cette dernière usine on transportera une partie de la fabrication du caoutchouc.

Le solde créditeur est de 7 831 304,92 fr, sur lesquels un amortissement de 2 500 000 fr est prélevé. La réserve légale est de 742 557,07 fr.

Un premier dividende de 5 pour 100 par action est distribué. Sur le reste, diminué du report de l'exercice 1916, 10 pour 100 sont attribués au Conseil d'administration, 5 pour 100 au personnel, 1 600 000 fr est versé au fonds de prévoyance, 1 500 000 fr est destiné à un dividende supplémentaire aux actions, ce qui porte le dividende total à 40 fr par actions. Le report de l'exercice sera de 39 960,19 fr.

BILAN AU 30 JUIN 1917.

Actif.

		fr
Usines.	d'appareils électriques (Entrepreneurs)	1 527 042,33
	de câbles (Bezons)	2 808 174,75
	d'ébonite (Bezons)	345 794 »
	de chaussures (Bezons)	667 409,28
	de caoutchouc (Grenelle)	2 214 435,42
	de sous-marins (Calais)	396 308,80
	d'appareillage de lumière (Levallois)	1 499 213,26
Brevets		1 »
Participations industrielles		270 948 »
Caisses, comptes courants et disponibilités		18 402 346,73
Comptes débiteurs		12 035 707,93
Marchandises en magasin, en cours de fabrication et en cours de route		16 033 202,32
Prime de remboursement amortissable des obligations		781 569,08
Loyers d'avance		20 137,50
		57 002 290,40

Passif.

	fr
Capital social	18 000 000 »
Réserve légale	1 389 708,84
Fonds de prévoyance	1 100 000 »
Obligations en circulation	7 620 000 »
Comptes créditeurs (fournisseurs et divers)	19 533 624,25
Sommes reçues à valoir sur commandes en cours	983 151,33
Coupons d'actions et d'obligations	400 501,06
Obligations amorties restant à rembourser	144 000 »
A reporter...	49 170 985 48

Digitized by Google

Report....	49 170 985 48	
Amortissements sur immeubles et sur matériel..	2 500 000 »	
Réserve légale.....	742 557,07	
Dividende.....	2 400 000 »	
Provisions pour fonds de prévoyance.....	1 600 000 »	
Attribution au Conseil d'administration de 10 pour 100 du reliquat des bénéfices.....	365 858,44	
Part de 5 pour 100 du reliquat des bénéfices devant être affectée à des rémunérations à la direction et au personnel.....	182 929,22	
Report à l'exercice 1917-1918.....	39 960,19	
	57 002 290,40	

Compagnie pour la fabrication des compteurs et appareils d'usines à gaz.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 28 DÉCEMBRE 1917.

A l'unanimité l'assemblée a approuvé la souscription de 72 000 actions de 125 fr. soit 9 millions de francs représentant la deuxième fraction de l'augmentation de capital de 18 millions autorisée par l'assemblée générale du 14 septembre 1917. Le capital social est ainsi porté à 27 millions de francs divisé en 216 000 actions de 125 fr chacune.

Revues, analyses et informations

Chambres de Commerce.

CHAMBRE DE COMMERCE DE PARIS. — Dans sa séance du 7 novembre, cette Chambre a adopté le projet de réponse présenté au nom de sa Commission des Douanes et Questions économiques par M. G. Fermé à une demande de la Direction des Douanes relative à l' « établissement de la liste des marchandises en faveur desquelles il y a lieu de déroger à l'article 11 de la loi du 1er août 1905 ».

En l'absence de la plupart des éléments d'appréciation qui seraient nécessaires pour établir cette liste, M. Fermé se borne, dans sa réponse, à indiquer la plupart des principes généraux dont devront s'inspirer les dérogations à venir pour répondre au but proposé, qui est de favoriser notre commerce d'exportation.

— Dans sa séance du 21 novembre, cette Chambre a adopté les conclusions du rapport présenté au nom de sa Commission des Douanes et Questions économiques par M. Max Leclerc sur le « projet de constitution en France de régions économiques ».

Dans son rapport, M. Max Leclerc rappelle que, par une circulaire en date du 25 août 1917, le ministre du Commerce posait aux Chambres de Commerce les questions suivantes : 1° voyez-vous des inconvénients à vous rallier au principe du groupement des Chambres de Commerce par régions ; 2° le projet de groupement établi par le ministère vous paraît-il pouvoir être accepté sans modifications ; 3° seriez-vous disposés à consacrer une part des recettes de votre budget à l'entretien des services qui représenteront la région économique ?

Sur la première question, le rapporteur fait observer qu'il ne lui semble pas que, dans l'esprit de la loi de 1898, les associations de Chambres de Commerce, prévues pour des objets déterminés, puissent être fixées dans un cadre permanent. Il estime en outre que cette association ne réaliserait que partiellement et de biais une réforme beaucoup plus générale : l'organisation régionale de la France. En ce qui concerne la troisième, il est d'avis que « les ressources actuelles des Chambres du Commerce, ressources basées sur l'imposition des patentes, dont le principal est devenu fictif, n'ont pas assez d'élasticité pour alimenter le budget d'une institution nouvelle qui ne se justifierait que par des entreprises de grande envergure substantiellement gagées ».

Après avoir développé ces diverses considérations, le rapporteur conclut :

« On voit par ces exemples que la question est plus large et plus haute et qu'elle dépasse la compétence des seules Chambres de Commerce. Elle est complexe aussi et ne saurait être résolue par l'action isolée de celles-ci, même groupées par régions.

» Déjà, sans doute, l'initiative privée a ouvert les voies : l'Union des Syndicats des Alpes et de Provence est, dans l'ordre agricole, un exemple frappant de régionalisme pratique ; en Lorraine et dans le Sud-Est, des banques privées se sont groupées pour vivifier les industries régionales ; les Universités, par leurs Instituts techniques, exercent une action bienfaisante sur le développement industriel des régions dont elles sont les capitales intellectuelles. Ce sont là les témoignages irrécusables d'un mouvement général des esprits, d'une tendance de plus en plus marquée et des plus heureuses.

» Nous croyons sincèrement que cette tendance doit être encouragée ; nous souhaitons que les entreprises régionales, auxquelles participent déjà les Chambres de Commerce, se développent et se multiplient, et cela justement parce que nous croyons aussi que la future organisation régionale doit être d'abord réalisée, au moins en partie, dans les faits avant de passer dans les lois. Il faut que l'esprit public soit préparé ; il faut que les mœurs nouvelles précèdent les lois. Cette évolution peut s'accomplir à l'aide de l'instrument que la loi de 1898 fournit aux Chambres de Commerce et dont elles ont déjà fait un heureux usage.

» Cette évolution accomplie — et il appartient aux intéressés de chaque région d'y consacrer dès maintenant leurs efforts — ce n'est pas une loi ni un décret sur les groupements de Chambres de Commerce qui suffirait à consacrer et à compléter l'œuvre des initiatives locales, nous pensons l'avoir suffisamment démontré. C'est encore moins une interprétation extensive donnée aux articles 10 et 24 de la loi du 9 avril 1898.

» Et c'est pourquoi, sans entrer dans l'examen de la division en régions proposée par le ministre, nous considérons que l'œuvre qu'il restera à accomplir pour donner à tous ces efforts un but et des moyens communs sera une œuvre nationale et qu'elle requerra l'accord de tous les pouvoirs publics. »

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, réglementation

Le nouveau cahier des charges type pour la concession des voies ferrées d'intérêt local (1).

Le « Journal officiel » du 2 décembre 1917 publie un décret en date du 20 novembre 1917 et approuvant le nouveau cahier des charges type pour la concession des voies ferrées d'intérêt local. Le décret est suivi du texte de ce cahier des charges, nous ne le publierons pas in extenso ; nous nous contenterons de l'analyser en signalant les points les plus importants.

Titre premier. — Tracé et construction.

Objet de la concession. — L'article premier devra indiquer la destination du réseau ou de ligne, c'est-à-dire le genre de transport auquel il sera affecté, voyageurs ou marchandises, ou voyageurs et marchandises, et la nature du mode de traction adopté, vapeur, électricité, etc.

Tracé. — L'article 2 indiquera avec détail le tracé des voies ferrées, et s'il y a lieu, les voies publiques et voies ferrées déjà construites qu'elles pourront emprunter.

Délais d'exécution. — Les délais d'exécution à partir de l'acte déclaratif d'utilité publique, pour chaque section et pour le réseau entier, sont enregistrés à l'article 3.

Approbation des projets. — L'article 4 dispose qu'aucun travail relatif à la voie ferrée ou à ses dépendances ne pourra être entrepris avant que les projets en aient été approuvés, après avis du chef du service de contrôle départemental, par le Conseil général pour les projets d'ensemble et par le préfet pour les projets de détail. Dans le cas où les travaux affecteraient des cours d'eau du domaine public ou des chemins dépendant de la grande voirie, il faudrait l'approbation du ministre des Travaux publics et des Transports.

Les projets d'ensemble, comprenant le tracé, les terrassements et l'emplacement des stations devront être envoyés en double expédition au préfet dans un délai de six mois à dater de l'acte déclaratif d'utilité publique. Le préfet les transmettra au Conseil général, ou au maire ou au président du Syndicat si la concession est accordée par une commune ou un Syndicat de communes.

Un des exemplaires des projets approuvés sera remis au concessionnaire, l'autre restera entre les mains du préfet.

Les projets des travaux à exécuter par le département seront soumis au concessionnaire avant l'approbation pour qu'il puisse fournir des observations.

Tous les plans, nivellements et devis, dressés antérieurement au frais du département, seront à la disposition du concessionnaire qui pourra en prendre copie sans déplacement.

Avant et au cours de l'exécution des travaux, jusqu'au moment de la mise en exploitation, le concessionnaire et l'administration pourront proposer des modifications aux projets non encore exécutés.

Pièces a fournir. — L'article 5 donne la nomenclature des documents qui devront constituer les projets d'ensemble que le concessionnaire devra fournir, ou qui lui seront communiqués si les travaux sont exécutés par le département.

Ces documents seront : 1° un extrait de la carte à l'échelle minimum de $\frac{1}{80\,000}$; 2° un plan général à l'échelle de $\frac{1}{10\,000}$; 3° les plans de traverse ; 4° un profil en long à l'échelle de $\frac{1}{5\,000}$ pour les longueurs et de $\frac{1}{1\,000}$ pour les hauteurs, les cotes étant rapportées au niveau moyen de la mer ; au-dessous du profil on devra indiquer à l'aide de trois lignes horizontales disposées à cet effet : les distances kilométriques comptées à partir de l'origine, la longueur et l'inclinaison de chaque pente ou rampe, la longueur des parties droites et le développement des parties courbes du tracé, en en faisant connaître le rayon ; 5° les profils en travers, types de la plate-forme avec ses dépendances et le profil type de la voie à l'échelle de $\frac{1}{50}$; 6° des profils en travers à l'échelle de $\frac{1}{200}$ relevés principalement dans les traverses, sur les ouvrages d'art, et dans les parties où les voies publiques empruntées n'auront pas la largeur et le profil nouveaux ; 7° un devis descriptif reproduisant sous forme de tableau, les pentes et rayons des courbes déjà donnés sur le profil en long ; 8° un mémoire justifiant les dispositions essentielles.

La position des stations, des haltes, des gares d'évitement, les ouvrages d'art, les traversées de routes, de cours d'eau, etc., devront être indiqués sur le plan général et sur le profil en long sans préjudice des plans de détails à fournir,

On devra indiquer également sur le plan général ou sur les plans de traverses toutes les installations prévues sur la voie publique pour le service de la voie ferrée, les égouts avec leurs bouches et regards, les conduites d'eau, de gaz, d'électricité et tous les ouvrages dont on devra tenir compte pour déterminer la position de la voie ferrée sans entraver le bon fonctionnement d'aucun service.

Acquisition des terrains. — Ouvrages d'art. — Établissement de la deuxième voie. — L'article 6 spécifie que les terrains seront acquis, les terrassements et ouvrages d'art

(1) *Journal officiel*, 2 décembre 1917, p. 9 753

Digitized by Google

exécutés, les rails posés pour une seule voie. Cependant, quand la recette brute par kilomètre atteindra une certaine valeur à déterminer dans chaque cas, le concessionnaire devra entreprendre à ses frais l'établissement d'une deuxième voie, sauf dans les traversées de villes ou de villages. Il pourra de plus, à toute époque de la concession, être requis par le département ou par l'État d'établir et d'exploiter une deuxième voie sur tout ou une partie du parcours, même si la recette kilométrique prévue plus haut n'est pas atteinte, mais dans ce cas il sera remboursé des frais d'établissement de la deuxième voie et de ses dépendances. Si le concessionnaire n'exécute pas cette deuxième voie dans les délais prévus par la décision qui aura ordonné sa construction, la ligne entière pourra être mise sous séquestre et l'administration exécutera les travaux.

Les dispositions relatives à l'établissement de la deuxième voie pourront être supprimées dans le cas de concession de tramways urbains. Lorsque la ligne sera subventionnée par l'État et que le dédoublement des voies réagira sur le montant de la subvention et sur la part du produit net attribué à l'État, le dédoublement ne pourra être requis qu'avec l'approbation du ministre des Travaux publics et des Transports.

Largeur de la voie. — Gabarit du matériel roulant. — Etablissement de la voie ferrée. — A. — *Dispositions communes à toutes les parties de la voie ferrée.* — La largeur des voies entre les bords intérieurs des rails sera de 1,44 m, 1 m ou 0,60 m; la voie devra être établie suivant les règles en vigueur, sauf autorisation spéciale.

La largeur maximum des caisses des véhicules et de leur chargement sera de 3,20 m pour la voie de 1,44 m, de 2,50 m pour la voie de 1 m (2,80 m toutes saillies comprises), et 1,80 m pour la voie de 0,60 m (2,10 m toutes saillies comprises).

La hauteur du matériel roulant au-dessus des rails ne dépassera pas 4,20 m pour la voie de 1,44 m; 3,50 m pour les locomotives et 3,30 m pour les autres véhicules avec leur chargement dans le cas de la voie de 1 m; 3 m pour les locomotives et 2,40 m pour les autres véhicules et leur chargement dans le cas de la voie de 0,60 m.

Dans le cas de la double voie, l'entre-voie aura, en alignement droit, une largeur telle qu'il y ait au moins 0,50 m entre les parties les plus saillantes des véhicules; dans les courbes, la largeur de l'entre-voie sera à déterminer pour chaque cas particulier.

B. — *Parties de la voie ferrée établies en dehors de la voie publique.* — Dans ces parties, la largeur des accotements sera d'au moins 0,75 m pour la voie de 1,44 m; 0,60 m pour la voie de 1 m et 0,50 m pour la voie de 0,60 m.

L'épaisseur de la couche de ballast sera telle qu'il y ait au moins 15 cm de ballast sous les traverses et que la distance totale entre le dessus du rail et la plate-forme soit au moins égale à 30 cm. Au pied de chaque talus de ballast, on devra ménager une banquette dont la largeur sera telle que l'arête de cette banquette soit au moins à 0,90 m de la verticale de la partie la plus saillante des véhicules.

Sauf autorisation spéciale, on devra laisser une distance d'au moins 0,60 m entre les parties les plus saillantes du matériel roulant et les obstacles isolés se trouvant le long des voies au-dessus du niveau des marchepieds latéraux.

Des fossés ou rigoles devront être établis le long de la voie ferrée pour en assurer l'assèchement.

C. — *Parties de la voie ferrée empruntant la voie publique et accessibles aux voitures ordinaires.* — Lorsque la voie ferrée empruntera une partie de la voie publique accessible à la circulation ordinaire, les rails devront être posés au niveau du sol, sans saillie ni dépression, suivant le profil normal de la voie publique, tant dans le sens transversal que dans le sens longitudinal.

On devra indiquer les sections dans lesquelles les rails seront compris dans un empierrement ou dans un pavage et l'épaisseur de cet empierrement ou de ce pavage qui seront à la charge du concessionnaire dans l'entrerail et sur une largeur qu'on déterminera dans chaque cas particulier, de chaque côté de la voie.

La voie devra être établie sur la chaussée de la voie publique, de façon qu'en dehors de l'espace occupé par le matériel roulant, toutes saillies comprises, il reste sur la chaussée une largeur d'au moins 2,60 m pour permettre aux voitures de se garer. On devra prévoir également une distance d'au moins 1,40 m entre le gabarit des véhicules et les limites des propriétés privées riveraines de la voie ferrée.

Un trottoir ou un accotement sera établi sur le côté de chaussée et aura une largeur telle que la sécurité des piétons soit complètement assurée, en aucun cas la verticale des parties les plus saillantes des véhicules ne devra dépasser l'arête extérieur de l'accotement.

Lorsque la voie ferrée sera établie le long d'un remblai de plus de 0,50 m de hauteur, soit le long d'un tube de déblai ou d'un obstacle continu dépassant le niveau des marchepieds, on ménagera un espace libre d'au moins 0,75 m entre la partie la plus saillante du matériel roulant et la crête du remblai, le pied du déblai ou l'obstacle continu. Pour les obstacles isolés, cette distance sera réduite à 0,60 m.

D. — *Parties de la voie ferrée empruntant la voie publique et non accessibles aux voitures ordinaires.* — Quand la voie ferrée sera établie sur un accotement interdit aux voitures ordinaires, elle devra reposer sur une couche de ballast dont la largeur sera d'au moins la largeur de la voie augmentée de 0,80 m et dont l'épaisseur devra satisfaire aux conditions décrites plus haut pour les parties de la voie ferrée établies en dehors de la voie publique.

On devra également indiquer dans chaque cas la largeur minimum de la partie de la voie publique réservée aux voitures ordinaires et aux piétons. Le concessionnaire devra établir à ses frais des gares pour le dépôt du matériel d'entretien de la voie publique. L'espace occupé par ces gares ne sera pas compté dans la largeur minimum dont on a parlé plus haut.

L'emplacement occupé par la voie ferrée sera limité par une bordure soit en pierre soit en terre gazonnée dont l'arête sera à une distance d'au moins 0,30 m de la partie la plus saillante des véhicules. Un intervalle d'au moins 1,40 m devra être laissé entre les parties les plus saillantes des véhicules et les limites des propriétés riveraines ou alignements approuvés.

On prendra les mêmes dispositions que précédemment quand la ligne sera établie le long d'un déblai ou d'un remblai.

Les rails devront être au niveau de l'accotement à l'extérieur de la voie ferrée et ne laisser dans l'entrerail que la saillie nécessaire au passage des boudins.

E. — *Traversées des villes et villages.* — Dans les traversées de villes ou de villages, la voie devra être établie dans la chaussée avec des rails noyés. Les prescriptions du paragraphe C ci-dessus devant être suivies. On devra prévoir, à côté de la voie, un espace de 1,10 m pour un trottoir ou réserver l'emplacement prévu pour l'établissement d'un trottoir. On devra prévoir également entre le bord du trot-

Digitized by Google

toir et les parties les plus saillantes de la voie ferrée une distance de 2,60 m si des voitures doivent stationner le long du trottoir et de 0,30 m dans le cas contraire, cette distance sera réduite à 0,20 m pour les refuges situés dans l'entre-voie, et à 0,10 m pour les trottoirs ou refuges d'embarquement des voyageurs.

Alignements et courbes. — Pentes et rampes. — L'article 8 devra spécifier les rayons des courbes et les déclivités maximum admises. En général, pour des voies sur plate-forme indépendante, le rayon minimum sera de 150 m, pour la voie de 1,44 m, de 75 m pour la voie de 1 m et de 40 m pour la voie de 0,60 m.

Dans les sections de la voie ferrée établies en dehors de la voie publique on devra ménager entre deux courbes consécutives et de sens contraires un alignement en général de 60 m pour la voie de 1,44 m, de 40 m pour la voie de 1 m, de 25 m pour la voie de 0,60 m. De même des parties horizontales de 60 m, pour la voie de 1,44; de 40 m pour la voie de 1 m, de 30 m pour la voie de 0,60 m devront être ménagées dans le cas des voies sur plate-forme indépendante entre deux déclivités consécutives de sens contraire versant leurs eaux au même point.

Le concessionnaire pourra obtenir des modifications aux dispositions qui précèdent.

Gares et stations. — Dans l'article 9, le concessionnaire devra indiquer le nombre et l'emplacement des stations, des haltes et des gares d'évitement. Avant tout commencement d'exécution de travaux, il devra soumettre au préfet les projets de détail de chaque station ou halte qui devront comprendre : un plan à l'échelle de $\frac{1}{500}$ indiquant les voies, les quais, les bâtiments, leur disposition intérieure et la disposition de leurs abords ; une élévation des bâtiments à l'échelle de $\frac{1}{100}$ et un mémoire descriptif justifiant les dispositions essentielles du projet.

Traversée des routes et chemins. — L'article 10 spécifie que le concessionnaire sera tenu de rétablir les communications interceptées par la voie ferrée suivant des dispositions approuvées par l'administration compétente.

Passages au-dessus des routes et chemins. — *Art. 11.* — L'ouverture du viaduc sera fixée dans chaque cas, suivant les circonstances, mais elle ne devra jamais être inférieure à 8 m pour une route nationale ; à 6 m pour une route départementale ou pour un chemin vicinal de grande communication et à 4 m pour les autres chemins. La hauteur libre à partir du sol de la route au-dessus de la chaussée ne sera en aucun cas inférieure à 4,30 m. La largeur des viaducs entre parapets sera, dans le cas de la voie unique, d'au moins 4,50 m pour la voie de 1,44 m, de 4 m pour la voie de 1 m, de 3,60 m pour la voie de 0,60 m ; dans le cas de la double voie cette largeur sera portée à 8 m pour la voie de 1,44 m, 7,30 m pour la voie de 1 m, et 6,30 m pour la voie de 0,60 m. La hauteur des parapets sera au moins de 1 m.

Passages au-dessous des routes et des chemins. — *Art. 12.* — Cet article dit que, lorsque la voie ferrée passera en dessous d'un chemin, la largeur entre les parapets du pont supportant la route sera fixée dans chaque cas, mais ne devra jamais être inférieure à 8 m pour une route nationale, à 6 m pour une route départementale ou pour un chemin vicinal de grande communication et à 4 m pour tous les autres chemins. Les ouvertures du pont entre les culées seront les mêmes que celles indiquées à l'article 11 pour les viaducs. Ces largeurs devront régner jusqu'ici deux mètres au moins au-dessus du niveau du rail. La distance verticale qui sera ménagée au-dessus des rails pour le passage des trains dans une largeur égale à celle qui est occupée par les caisses des voitures, ne sera pas inférieure à 4,80 m pour la voie de 1,44 m, pour les autres voies elle sera égale à la plus grande hauteur du matériel roulant augmentée de 0,60 m.

Passages a niveau. — Parties de routes a modifier. — Accès des propriétés riveraines. — *Art. 13.* — Dans toute traversée de route par la voie ferrée les rails et contre-rails devront être posés sans saillie ni dépression sur la surface de ces routes. Sauf autorisation spéciale de l'autorité compétente, les croisements à niveau de la voie ferrée et des routes ne devront pas se faire sous un angle inférieur à 45°.

L'ouverture libre des passages à niveau sera d'au moins 6 m pour les routes nationales départementales ou les chemins vicinaux de grande communication et de 4 m au moins pour les autres chemins.

La déclivité des routes et chemins aux abords des passages à niveau sera réduite à 3 mm au plus sur 10 m de longueur de part et d'autre de chaque passage.

Les types de barrières, l'emplacement des barrières, des abris et des maisons de garde seront fixés par le préfet sur la proposition du concessionnaire. On devra spécifier les croisements de routes où se trouveront des barrières et des maisons de garde.

Toute modification apportée au tracé des routes, soit pour ne pas dépasser les rayons de courbure ou les déclivités admises, soit pour toute autre raison devra être approuvée par l'autorité compétente qui désignera le service chargé de l'exécution.

Le concessionnaire devra prendre toutes les dispositions pour permettre aux voitures ordinaires l'accès des voies publiques ou particulières et des entrées charretières qui seraient interceptées par la voie ferrée.

Rectification des routes. — L'article 14 dispose qu'en cas de modification ou de l'emplacement ou du tracé d'une route, l'inclinaison des pentes et rampes des routes modifiées ne devra pas dépasser 3 cm : m pour les routes nationales et 5 cm : m pour les routes départementales et les chemins vicinaux.

Toute dérogation à cette clause devra être approuvée par l'autorité compétente ; le ministre pour les routes nationales, le préfet pour les autres.

Écoulement des eaux. — Débouchés des ponts. — *Art. 15.* — Le concessionnaire devra rétablir et assurer à ses frais, pendant la durée de sa concession, l'écoulement de toutes les eaux dont le cours aurait été arrêté, suspendu ou modifié par ses travaux, et prendre les mesures nécessaires pour prévenir l'insalubrité pouvant résulter des chambres d'emprunt.

Les viaducs à construire sur les rivières, canaux, cours d'eau devront satisfaire aux clauses énoncées à l'article 2.

La hauteur et le débouché des viaducs seront déterminés, dans chaque cas particulier, par l'administration compétente suivant les circonstances locales.

Quand l'administration imposera au concessionnaire d'adjoindre au pont établi pour la voie ferrée une voie char-

Digitized by Google

retière ou une passerelle pour piétons, l'excédent de dépenses sera supporté, suivant les cas, par l'Etat, le département ou les communes intéressées.

Souterrains. — *Art. 16.* — Les largeurs des souterrains entre les pieds-droits au niveau du rail, seront les mêmes que celles spécifiées à l'article 11 pour les viaducs entre parapets. Ces largeurs devront régner jusqu'à 2 m au moins au-dessus du niveau du rail. Des garages seront établis à 50 m de distance de chaque côté et seront disposés en quinconce d'un côté à l'autre.

La hauteur sous clef au-dessus du niveau des rails sera égale à la hauteur maximum du gabarit du matériel roulant, augmentée d'un intervalle libre nécessaire pour l'aérage, d'au moins 1,20 m, quel que soit le nombre des voies.

La distance verticale, qui sera ménagée entre l'intrados et le dessus des rails pour le passage des trains dans une largeur égale à celle qui est occupée par les caisses des voitures, ne sera pas inférieure à celles qui sont indiquées à l'article 12.

L'ouverture des puits d'aérage et de construction des souterrains devra être entourée d'une margelle d'au moins 2 m de hauteur et n'être établie en aucun cas sur la voie publique.

Maintien des communications pendant l'exécution des travaux. — L'article 17 impose au concessionnaire l'obligation d'assurer le maintien des communications pendant l'exécution des travaux, tant sur les cours d'eau navigables ou flottables que sur les routes et chemins publics ou privés ; tous les travaux provisoires nécessaires seront à sa charge et devront présenter une solidité suffisante. L'administration fixera le délai dans lequel les communications normales devront être rétablies.

Exécution des travaux. — L'article 18 impose au concessionnaire, pour l'exécution des travaux, l'emploi de matériaux de très bonne qualité. Tous les ouvrages d'art seront en maçonnerie ou en métal ; les chaussées devront être rétablies suivant les règles de l'art avec des matériaux de même qualité que ceux employés dans lesdites chaussées.

Voies. — Dans l'article 19 on devra spécifier la nature, le type, le poids par mètre courant des rails, ainsi que la nature, les dimensions, l'entre-axe des traverses ou longrines.

Clotures. — L'article 20 devra indiquer l'emplacement des clôtures, leur type et leur disposition.

Indemnités de terrains et de dommages. — *Art. 21.* — Tous les terrains nécessaires pour l'exécution des travaux seront payés par le concessionnaire, qui aura également à indemniser tous les propriétaires qui auront subi un dommage du fait des travaux.

Droits conférés au concessionnaire. — D'après l'article 22 le concessionnaire sera investi de tous les droits que les droits et règlements confèrent à l'administration en matière de travaux publics, et soumis aux mêmes obligations.

Servitudes militaires. — L'article 23 dispose que dans les limites de la zone frontière et dans le rayon de servitude des enceintes fortifiées, le concessionnaire sera tenu de se soumettre à l'accomplissement de toutes les formalités et de toutes les conditions exigées par les lois, décrets et règlements concernant les travaux mixtes.

Mines. — D'après l'article 24, si la voie ferrée s'étend sur des terrains renfermant des mines, ou les traverse en souterrain, elle ne pourra être mise en exploitation qu'à la condition que tous les travaux nécessaires pour en assurer la sécurité aient été exécutés. Ces travaux seront, sauf stipulations contraires, à la charge du concessionnaire. En cas de dommages causés à la voie ferrée par des exploitations de mines, tous les droits de recours du concessionnaire contre les exploitants intéressés resteront réservés, ainsi que tous ceux de ces exploitants contre lui.

Carrières. — L'article 25 décide que les dispositions précédentes s'appliqueront quand le terrain renfermera des carrières.

Controle des travaux. — L'article 26 place le contrôle des travaux sous l'autorité du préfet.

Réception des travaux. — L'article 27 dispose qu'à mesure que les travaux seront terminés sur des parties de lignes susceptibles d'être livrées à la circulation, on procédera à la reconnaissance ou, s'il y a lieu, à la réception provisoire de ces travaux qui pourront être suivies de l'autorisation de mise en exploitation de ces parties. Toutefois, les réceptions partielles ne deviendront définitives que par la réception générale et définitive de la ligne.

Bornage et plan cadastral. — Les dispositions de l'article 28 s'appliquent au concessionnaire ou au service qui aura effectué les travaux d'infrastructure de la ligne quand ceux-ci ne seront pas exécutés par le concessionnaire. Immédiatement après l'achèvement des travaux et au plus tard six mois après la mise en exploitation de chaque ligne ou de chaque tronçon, le concessionnaire devra, en présence d'un représentant de l'autorité concédante, faire à ses frais un bornage contradictoire avec chaque propriétaire riverain ainsi qu'un plan cadastral de la voie ferrée et de ses dépendances, et dresser un état descriptif de tous les ouvrages d'art exécutés accompagné d'un atlas contenant tous les dessins cotés de ces ouvrages. Le concessionnaire devra envoyer une expédition des procès-verbaux de bornage du plan cadastral de l'état descriptif et de l'atlas aux archives de la préfecture ; il devra fournir une deuxième expédition du bornage et du plan cadastral au préfet pour être adressée à l'administration des contributions directes. Des additions à ces pièces devront être faites au fur et à mesure de l'exécution de nouveaux travaux.

Titre II. — Entretien et exploitation.

Entretien. — L'article 29 impose au concessionnaire l'entretien et les réparations de la voie. Dans les sections accessibles aux voitures ordinaires, si la route est entretenue par le département, une partie de la route pourra être entretenue soit par le concessionnaire, soit par le département ; si la voie publique empruntée n'est pas administrée par le département, la zone définie à l'article 13 du 11 novembre 1917 devra être entretenue par le concessionnaire.

Dans les sections non accessibles aux voitures ordinaires, le concessionnaire devra assurer l'entretien de la surface comprise entre les files de rails extrêmes augmentée de deux zones de 50 cm formant accotement extérieur des rails.

Digitized by Google

Réfection des parties de routes ou de chemins atteints par les travaux de la voie ferrée. — L'article 30 impose au concessionnaire l'entretien, pendant un an à partir de la réception provisoire des travaux de réfection, de toute partie de la voie publique qu'il aura endommagée pendant l'exécution de sa ligne.

Matériel roulant. — D'après l'article 31, le matériel roulant devra passer librement dans le gabarit et satisfaire, sauf dérogations, aux conditions fixées pour les transports militaires. Les dimensions minima de la place affectée dans les voitures à chaque voyageur assis ne sera pas inférieure à 42 cm en largeur, à 65 cm en profondeur et à 1,65 m en hauteur.

On devra indiquer le nombre des places de chaque classe.

Les voitures à voyageurs seront complètement couvertes, garnies de banquettes avec dossiers, fermées de glaces et munies de rideaux.

Des voitures non munies de glaces pourront être utilisées dans certains cas.

Traction électrique. — *Art. 31* bis. — Cet article n'est pas le même suivant que l'énergie électrique est produite dans une usine faisant partie de la concession des voies ferrées, ou achetée à des tiers, ou produite dans une usine ne faisant pas partie de la concession.

1° *L'énergie électrique est produite dans une usine faisant partie de la concession des voies ferrées.* — Dans ce cas le concessionnaire devra construire et entretenir en bon état de fonctionnement, l'usine génératrice et les installations de transformation et de distribution nécessaires à l'alimentation du réseau.

Le concessionnaire sera autorisé à vendre son surplus d'énergie à des tiers, pourvu qu'il n'en résulte aucun inconvénient pour le service du réseau. Les extensions de l'usine ou des installations nécessitées par cette faculté de vente à des tiers seront à la charge du concessionnaire, et devront être approuvées par l'autorité concédante.

2° *L'énergie électrique est achetée à des tiers ou produite dans une usine ne faisant pas partie de la concession.* — Le concessionnaire pourra soit acheter l'énergie à des tiers, soit la produire dans une usine lui appartenant, mais ne faisant pas partie de la concession des voies ferrées; dans tous les cas, toutes les installations faites le long de la ligne et servant au transport et à la mise en œuvre de l'énergie électrique pour l'exploitation, à partir des postes centraux de réception inclus, feront partie intégrante de la concession.

Tous les traités passés avec des tiers pour l'achat de l'énergie électrique seront communiqués au préfet et devront contenir une clause réservant au département le droit de se substituer au concessionnaire pour bénéficier des traités en cours, aux mêmes conditions que lui, s'il venait à cesser son exploitation par suite de rachat ou de déchéance, et également une clause permettant au département, dans les mêmes cas, de dénoncer les traités moyennant le payement d'indemnités de résiliation.

Pendant les cinq dernières années de la concession, le concessionnaire devra justifier que les contrats passés par lui permettent d'assurer, dans les conditions normales, l'alimentation des voies ferrées en électricité jusqu'à la fin de la concession, et, si le département le requiert, pendant les trois années qui suivront son expiration.

Lorsque l'énergie électrique sera fournie par une usine appartenant au concessionnaire, celui-ci devra, en cas de rachat ou de déchéance, continuer à alimenter la voie ferrée pendant une durée qui ne pourra dépasser trois ans.

En cas de désaccord sur le prix de vente de l'énergie, on aura recours aux conditions prévues par le paragraphe 3 de l'article 39 de la loi du 31 juillet 1913. L'autorité concédante aura le droit de racheter l'usine dans un délai qui ne dépassera par un an après le rachat du réseau.

Le concessionnaire pourra utiliser les installations de transformation ou de distribution faisant partie intégrante de la concession pour la vente d'énergie à des tiers sous réserve de ne porter aucun préjudice au service du réseau ferré. Tout agrandissement nécessité par cette vente sera aux frais du concessionnaire et devra être soumis à l'approbation de l'autorité concédante.

Nombre minimum de trains. — Limitation de leur longueur et de leur vitesse. — L'article 32 devra fixer le nombre minimum de trains dans chaque sens et sur chaque ligne, la longueur maximum des trains et la vitesse maximum à admettre tant dans les agglomérations qu'en dehors de ces agglomérations.

Arrêts en pleine voie. — L'article 32 *bis* dit que les trains pourront prendre ou laisser des voyageurs en pleine voie dans des conditions à fixer dans chaque cas ; des plaques indicatrices devront faire connaître les points où s'arrêteront tous les trains, et ceux où ils ne s'arrêteront que sur la demande des voyageurs.

Règlements de police et d'exploitation. — L'article 33 spécifie que les dépenses entraînées par l'application des lois, décrets, ordonnances, décisions et arrêtés relatifs à la police et à l'exploitation des voies ferrées, seront à la charge du concessionnaire. Ce dernier devra soumettre à l'approbation du préfet les règlements du service intérieur relatifs à l'exploitation.

(*A suivre.*)

Les saisies et les ventes effectuées en pays ennemis, dans les territoires occupés par l'ennemi et en Alsace-Lorraine (1).

Non satisfaits par les exactions qu'ils ont commises dans les pays envahis et sous prétexte de représailles, les Allemands viennent de prendre de nouvelles mesures contre les biens français. Les actes de spoliation dont il s'agit sont déjà pour la plupart déclarés nuls et non avenus en vertu du règlement annexé à la convention de La Haye sur les lois et coutumes de la guerre sur terre en date du 9 juillet 1899. Cependant, le gouvernement français a cru nécessaire de manifester une fois de plus solennellement la volonté de la France de protéger nos compatriotes des pays envahis contre les mesures d'ordre politiques et contraires au droit des gens prises par nos ennemis, et gêner l'application de ces mesures en appelant l'attention des acquéreurs des biens en question sur le caractère des opérations auxquelles ils participent en les prévenant, par conséquent, des dangers auxquels ils s'exposent.

Le gouvernement a voulu, en outre, sauvegarder le plus possible les biens de l'État, des départements et des communes ainsi que leurs trésors artistiques.

(1) Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi adopté par la Chambre des députés, relatif aux saisies et ventes effectuées en pays ennemis, dans les territoires occupés par l'ennemi et en Alsace-Lorraine, par M. Galup, sénateur. *Journal officiel*, 11 novembre 1917, Documents parlementaires du Sénat, annexe n° 246, p. 657.

Digitized by Google

Le gouvernement a estimé également que le devoir de la France était de sauvegarder les intérêts des Alsaciens-Lorrains d'origine française menacés de saisies de leurs biens s'ils n'ont pas, à une date fixe, réintégré leur pays, s'ils ont été dénationalisés ou s'ils sont poursuivis pour désertion ou haute trahison, etc., le projet de loi s'applique donc aux ventes des biens situés en Alsace-Lorraine au préjudice des Alsaciens-Lorrains d'origine française.

Enfin, des habitants des régions envahies ayant été forcés, en raison des circonstances ou par l'ennemi, à passer des contrats, à prendre des engagements civils ou commerciaux, en particulier à souscrire des polices d'assurances avec des sociétés ou des particuliers ennemis, il a paru indispensable au gouvernement que tous ces engagements, parfois d'une durée importante, qui dépasseront le temps de l'occupation et sont de nature à léser gravement nos compatriotes ou les intérêts français, puissent être annulés dès la cessation de l'occupation.

Il est également équitable de sauvegarder les intérêts des Français et des Alsaciens-Lorrains d'origine française en pays ennemis et en Alsace-Lorraine et de prévoir réparation complète de tous les dommages qu'ils y auront subis.

Mais, pour protéger tous nos intérêts en pays ennemis, en territoires envahis et en Alsace-Lorraine, il faut les connaître exactement. Nos nationaux ont des intérêts immenses dans les exploitations minières et dans toutes les branches de l'industrie en Allemagne, en Autriche-Hongrie, en Pologne russe occupée, en Belgique, en Turquie, en Roumanie.

Jusqu'ici nos intérêts ont été respectés en Autriche-Hongrie; en Bulgarie, on vient d'organiser le système des séquestres; en Turquie, il s'est produit des pillages mais aucune mesure spéciale n'a été prise.

L'Allemagne, au contraire, a pris des mesures spoliatrices qui varient suivant qu'il s'agit du territoire allemand lui-même, de la France occupée, de la Belgique envahie ou de l'Alsace-Lorraine.

En Allemagne, pendant un certain temps, on a cherché à augmenter le gage précieux que constituent les biens ennemis en territoire allemand. Mais depuis quelque temps, l'Allemagne s'est mise à liquider les entreprises et les biens français sous le prétexte que les biens allemands mis sous séquestre auraient été dilapidés, ce qui est faux puisque nos séquestres sont placés sous le contrôle unique de la magistrature.

En Belgique, par arrêté du 15 août 1917, l'Allemagne a effectué la liquidation des entreprises dans ce pays et envoyé le produit en Allemagne.

En France occupée, le matériel des usines a été volé et distribué en Allemagne ou vendu dans les pays neutres. Les objets d'art, les mobiliers, les titres, les valeurs ont été également volés.

En Alsace-Lorraine, les propriétés, les maisons, les collections, les mobiliers, les souvenirs de famille, les usines, les fonds de commerce, les parts d'intérêt appartenant aux Français ont été vendus.

Pour lutter contre cette politique inique de vols et de rapines, le gouvernement français ne peut user de représailles qui n'aboutiraient qu'à de nouvelles représailles, mais il est décidé à garder les biens allemands sous séquestre pour ne les rendre que contre restitution, à la fin de la guerre.

Le projet de loi du gouvernement est encore plus efficace, il annule les actes de l'ennemi de façon à restituer dans leurs droits les propriétaires lésés et nous permettre de nous entendre avec nos alliés pour que les plus favorisés viennent en aide aux plus éprouvés.

Le projet de loi comprend cinq articles.

L'article premier déclare nuls et non avenus tous les actes portant atteinte aux droits de propriété ou de jouissance appartenant à l'État, aux départements, aux communes, aux établissements publics ou reconnus d'utilité publique et accomplis par les autorités ennemies dans les départements français occupés par elles et contraires aux conventions internationales. L'article premier annule également les faits du même ordre accomplis en Alsace-Lorraine.

L'article 2 déclare nuls et non avenus tous les actes d'aliénation ou de disposition, toutes inscriptions ou radiations d'hypothèques, toutes déchéances, toutes mesures de destitution ou de révocation, accomplis, prononcés ou ordonnés par les autorités ennemies, quelles qu'elles soient, dans un but politique ou à la faveur des circonstances de guerre et concernant les biens et droits de toute nature appartenant à des Français ou à des Alsaciens-Lorrains d'origine française en territoire ennemi, en territoire français ou allié occupé par l'ennemi ou en Alsace-Lorraine.

L'article 4 prévoit l'extension de ces dispositions aux ressortissants des pays alliés ou neutres résidant dans les départements français actuellement occupés et en Alsace-Lorraine.

L'article 5 vise l'annulation de plein droit, à la demande des Français ou des Alsaciens-Lorrains d'origine française intéressés, et dans des conditions ultérieurement fixées par des règlements, de tous contrats passés avec des sociétés ou des particuliers ennemis pendant l'occupation ou sous le contrôle de l'ennemi.

Enfin, l'article 5 donne un effet rétroactif à la loi en déclarant que ces dispositions sont applicables aux mesures prises par l'autorité ennemie et aux faits qui se sont passés à dater du jour où l'état de guerre a existé entre la France et le pays ennemi intéressé.

Décret portant application à l'Algérie de la loi du 30 novembre 1916 autorisant l'approbation, par simple décret, des accords conclus entre les concessionnaires de voies ferrées d'intérêt local et l'autorité concédante pour la modification des contrats de concession.

Le « Journal officiel » du 28 décembre 1917 publie, p. 10660, le décret suivant pris en date du 22 décembre 1917 par le ministre des Travaux publics et des Transports.

ARTICLE PREMIER. — Est déclarée exécutoire, en Algérie, la loi du 30 novembre 1916 ayant pour objet d'autoriser l'approbation, par simple décret, des accords conclus entre les concessionnaires de voies ferrées d'intérêt local et l'autorité concédante, pour la modification des contrats de concession, pendant la durée de la guerre et une période consécutive d'un an au maximum.

ART. 2. — Le ministre des Travaux publics et des Transports et le ministre de l'Intérieur sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret qui sera publié au « Journal officiel » et inséré au « Bulletin des lois » ainsi qu'au « Bulletin officiel » du gouvernement général de l'Algérie.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 4. — 26 JANVIER 1918.

Chronique. — L'utilisation des moteurs Diesel pendant la guerre. — Bibliographie : La statique des fluides ; la liquéfaction des gaz et l'industrie du froid. — Bibliographie : Au Maroc. Fez, la capitale du Nord, p. 121-122.

Section scientifique et technique. — Lignes artificielles, par J.-B. POMEY, p. 123. — La Société hydrotechnique de France, par A. PÉROT, p. 125. — Revues, analyses et informations : Influence de la capacité des spires dans les solénoïdes à couche unique, p. 128 ; Modification active de l'hydrogène produite par les rayons x, p. 131 ; Conductibilité électrique des couches obtenues par pulvérisation, p. 132 ; Potentiel d'ionisation des électrodes dans divers gaz, p. 132.

Section industrielle. — Les paratonnerres, par Ach. DELAMARRE, p. 133. — Revues, analyses et informations : Etude des remous et de leur influence sur la construction des barrages mobiles, p. 146 ; Convertisseurs rotatifs de Siemens, p. 148 ; Le nouveau sélecteur téléphonique de la Western Electric, p. 153. — Notes pratiques : Rhéostat liquide de démarrage d'un moteur de monte-charges, p. 154 ; Un progrès important dans la technique de la galvanisation, p. 154.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Société d'électricité de Paris, p. 155 ; Compagnie parisienne de l'Air comprimé, p. 155 ; Ateliers de construction du Nord et de l'Est (Jeumont), p. 156. — Revues, analyses et informations : Chambres de Commerce, p. 156.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : Le nouveau cahier des charges type pour la concession des voies ferrées d'intérêt local, p. 157.

L'utilisation des moteurs Diesel pendant la guerre.

— La guerre actuelle en paralysant les transports dans la plupart des pays vient de fournir un nouvel argument en faveur de l'emploi des moteurs Diesel. On sait, en effet, qu'il faut amener de fort loin le charbon nécessaire aux machines à vapeur, et qu'il est, d'autre part, nécessaire d'évacuer les cendres et mâchefers à une distance souvent importante. Or le moteur Diesel ou ses similaires, qui ne consomment que des huiles lourdes brûlant dans ces moteurs sans laisser de résidu, présente déjà de ce fait sur les machines à vapeur un avantage appréciable. Il y a mieux encore, le moteur Diesel nécessite un poids de combustible beaucoup moindre que les machines à vapeur pour produire une même quantité d'énergie.

En présence de ces faits nos voisins et amis d'outre-Manche se sont émus, et la Diesel User's Association de Grande-Bretagne vient de faire une nouvelle propagande dans ce pays en faveur de l'emploi de ces moteurs.

Il est cependant certain que nos voisins disposent plus facilement de la houille et à meilleur compte que nous-mêmes ; aussi les avantages qu'ils reconnaissent au moteur Diesel actuellement existent a fortiori chez nous où le charbon est plus difficile à obtenir. On peut se rendre compte de l'économie que le moteur Diesel permet de réaliser rien que dans les transports en consultant les comptes rendus de la réunion d'octobre de la Diesel User's Association, nous y voyons que l'usine de Chelsea à moteurs Diesel consomme en tout et pour tout 700 t d'huile, tandis que l'installation équivalente à chaudières, travaillant dans les mêmes conditions, absorbait 6000 t de charbon. La différence atteint presque 800 pour 100.

Nous savons bien cependant, pour l'avoir entendu dire à de nombreux industriels qui utilisent actuellement en France des moteurs Diesel, que tout n'est pas rose dans leur emploi. Il faut qu'ils soient conduits par un personnel idoine ayant une grande habitude de ces machines et très consciencieux. De plus, la construction de ces moteurs ne souffrant pas la médiocrité, il y a lieu de n'adopter que des marques ayant fait leurs preuves, enfin il est bon de prévoir, dans toute usine pourvue de moteurs de ce genre, un groupe de réserve en cas d'avarie à l'une des machines en fonctionnement. Ceci entendu, il est bien évident que les moteurs Diesel sont très intéressants pour les grandes usines disposant du personnel nécessaire, nous regretterons seulement que l'on n'ait pas développé davantage en France la construction de moteurs de ce genre qui paraissent répondre

Digitized by Google

actuellement à une certaine nécessité, mais on voudra bien se rappeler qu'il n'est jamais trop tard pour bien faire. — A. S.

Bibliographie : La statique des fluides, par MM. E.-H. Amagat et L. Décombe ; **la liquéfaction des gaz et l'industrie du froid**, par L. Décombe (1). — L'industrie du froid a pris un développement considérable depuis ces dernières années surtout pour la conservation des denrées alimentaires et en particulier des viandes de boucherie. Le volume que nous présentons aujourd'hui à nos lecteurs rassemble tous les documents théoriques et pratiques relatifs à l'industrie du froid. Il est divisé en deux parties. La première partie « la statique des fluides » est dué au célèbre savant E.-H. Amagat, décédé il y a quelques années, qui a tant contribué au développement de la science, et à son éminent collaborateur, M. L. Décombe sous-directeur du Laboratoire d'Enseignement de la Physique à la Sorbonne. Au début de cette première partie les auteurs rappellent quelques généralités, établissent l'équation des gaz parfaits, définissent le zéro absolu, les coefficients thermodynamiques, les deux chaleurs spécifiques à volume constant et à pression constante, la chaleur latente de dilatation et rappellent la loi d'Avogadro et d'Ampère. Le deuxième chapitre est consacré aux expériences et en particulier aux expériences d'Andrews, à la détermination des constantes critiques, aux expériences de Regnault, Natterer, Cailletet et Amagat sur le minimum de pv, aux expériences relatives à la compressibilité des gaz aux faibles pressions, à l'étude de l'influence de la température sur la compressibilité des gaz et aux expériences d'Amagat, de Witkowski, de Sydney Young, de Leyde, de Ramsey et Travers, de Bridgmann ; un dernier paragraphe est consacré à l'étude de la dilatation des fluides. Le chapitre III renferme tous les résultats et lois déduits des expériences précédentes. Le chapitre IV est consacré à l'étude de l'équation d'état et aux formules de Van des Waals, de Clausius, de Sarrau, d'Amagat, de Van der Waals et Lorentz de Kamerlingh Onnes. Dans le cinquième chapitre les auteurs exposent la théorie des états correspondants et les différentes lois qui en découlent. Le chapitre sixième traite de la pression intérieure. Les auteurs distinguent trois pressions intérieures : la pression intérieure de Hirn, la pression intérieure thermodynamique, et la pression intérieure déduite de la théorie du Viriel.

Enfin la première partie de l'ouvrage se termine par l'examen des rapports existant entre la chimie et la statique des fluides. Dans cette première partie on trouvera, magistralement exposés, toutes les théories et résultats d'expériences nécessaires, pour étudier les grands problèmes de l'industrie du froid.

La deuxième partie du livre est due entièrement à M. L. Décombe et a pour titre : « Le problème de la liquéfaction des gaz. Les applications du froid ». Le premier chapitre est consacré aux expériences de liquéfaction des gaz (Faraday, Cagniard de Latour) et aux différentes méthodes de liquéfaction : méthode de la détente et méthode en cascade. Dans le second chapitre l'auteur étudie l'air liquide, sa préparation, sa détente avec ou sans travail extérieur, sa composition, ses propriétés et ses applications

Le chapitre III est consacré à l'étude des machines frigorifiques, machines frigorifiques à compression avec un calcul sommaire et détails de construction, et machine frigorifique à vapeur d'eau ; dans un appendice à ce chapitre, l'auteur donne la théorie thermodynamique des machines à compression, le calcul d'une machine frigorifique à acide carbonique, et le calcul d'une machine frigorifique à ammoniac ou à anhydride sulfureux.

Dans le chapitre IV l'auteur examine les diverses applications du froid : fabrication de la glace, entrepôts frigorifiques, conservation des diverses denrées alimentaires, abattoirs frigorifiques, transports frigorifiques (wagons et navires) et il termine en étudiant les applications du froid à la médecine. Le livre de MM. Amagat et Décombe réunit en un volume restreint tous les documents scientifiques, techniques et industriels se rapportant à l industrie du froid, il est donc destiné à rendre de très grands services aux industriels.

Bibliographie : Au Maroc. Fès, la capitale du Nord, par le comte Maurice de Périgny (1). — Tous les Français considèrent avec un profond intérêt le développement considérable que prend notre nouveau protectorat sous la vive impulsion du résident général de France au Maroc, M. le général Lyautey. Aussi nous avons pensé qu'il convenait de signaler à nos lecteurs l'ouvrage que vient de consacrer à la région de Fès un géographe distingué, M. le lieutenant de Périgny.

Dans ce livre l'auteur rappelle tout d'abord la géographie et l'histoire du pays ; il décrit dans ses détails la vie et les coutumes dans la ville de Fès, il étudie ensuite le genre et les particularités du commerce local, il examine les différentes sortes de cultures pratiquées dans la région de Fès et passe à l'étude du commerce extérieur de la région sans oublier le rôle que l'Allemagne y jouait avant la guerre. L'industrie de la ville est également étudiée d'une manière approfondie par l'auteur. Fès possède un certain nombre de minoteries et d'oliveries, l'industrie du bâtiment y a un certain développement, mais tout l'effort est porté vers la décoration intérieure. Fès est le centre principal du Maroc pour la fabrication des étoffes et des tissus de soie ou de laine ; la sériciculture, qui n'y existait plus depuis une cinquantaine d'années a pris un grand développement depuis l'occupation française. L'industrie du cuir y est également très prospère. L'auteur examine aussi les petites industries de la région parmi lesquelles on peut citer les broderies, la faïence, les objets de cuivre, la bijouterie, etc. M. de Périgny montre enfin le développement considérable que Fès prendra dans l'avenir, et décrit les progrès déjà réalisés depuis l'occupation française. La ville a été dotée par le résident général de plusieurs écoles franco arabes et d une école professionnelle ; l'auteur signale qu'une société a déjà obtenu la concession des chutes de l'Oued Fès, pour créer deux usines hydro-électriques : l'une de 150 kw, l'autre de 800 kw, destinées à l'éclairage et à la force motrice. M. le lieutenant de Périgny termine son très intéressant ouvrage en donnant quelques renseignements sur la ville de Sefrou.

(1) Un volume de l'Encyclopédie de Science chimique appliquée 16 × 25, 265 pages, édité par la librairie polytechnique Ch. Béranger, 15, rue des Saints-Pères, Paris. Prix 15 fr plus une majoration temporaire de 10 pour 100.

(1) Un volume 14 × 20 cm, 241 pages, 25 photogravures hors texte et une carte éditée par Pierre Roger et Cie, 54, rue Jacob, Paris. Prix : 4 fr. 50.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Lignes artificielles

La ligne artificielle, si utile dans les études téléphoniques de laboratoires, qui est connue sous le nom de ligne en H, est brevetée. Les constantes de cette ligne sont ajustées de façon à lui faire représenter une ligne téléphonique naturelle donnée pour les sons de deux fréquences déterminées. Le schéma en H du dispositif est-il le seul qui permette de représenter une ligne naturelle, et qu'arriverait-il si la ligne à imiter était d'une constitution plus compliquée qu'un circuit téléphonique ? On verra dans l'article ci-après que le schéma de la ligne artificielle peut être constitué par un pont de Wheatstone ou tout autre dispositif qu'on voudra, pourvu qu'il soit facile de faire l'ajustement des branches pour les fréquences que l'on peut avoir à considérer ; le diagramme en H n'a rien d'obligatoire.

La question de la construction des lignes artificielles a toujours été considérée comme de la plus haute importance pour les recherches techniques.

Autrefois, il s'agissait surtout des courants télégraphiques. Par opposition avec les courants téléphoniques, le courant télégraphique est celui qui est dû à l'intercalation instantanée dans le circuit d'une force électromotrice constante. On cherche alors l'allure du courant et du potentiel pendant la période variable qui précède le régime permanent.

On cherche à imiter les câbles ou les lignes télégraphiques. Vaschy a étudié le problème d'une façon très approfondie. On met à la suite les uns des autres des tronçons identiques les uns aux autres. Chaque tronçon est constitué par une résistance et une self-inductance et par une capacité mise à cheval entre les brins d'aller et de retour.

Depuis cette époque, le point de vue a changé. Ce qui intéresse, ce sont les courants alternatifs industriels ou les courants téléphoniques. Les courants industriels ont une pulsation déterminée. Pour les courants téléphoniques, on sait qu'il suffit en général de considérer la pulsation 5 000. Parfois, on fait en sorte que la ligne artificielle, au moins dans ses qualités essentielles, soit l'image d'une ligne réelle déterminée pour deux pulsations comprenant entre elles la fréquence $\frac{5\,000}{2\pi}$.

C'est dans cet ordre d'idées que M. Breisig a imaginé la ligne en H qui est utilisée dans un grand nombre de laboratoires et qui est constituée conformément au diagramme de la figure 1.

On pourrait croire que la ligne en H est un dispositif, en quelque sorte exceptionnel, au moyen duquel on réussit à imiter les phénomènes qui se passent sur une ligne homogène.

Je me propose de montrer qu'il n'en est rien.

On peut, à la place, employer un dispositif en pont de Wheatstone; on peut même employer un dispositif quelconque, sous une réserve que nous indiquerons, pour le cas des lignes homogènes.

Dans ce qui suit, je me servirai de la notation imaginaire. Le courant étant, par exemple, la partie réelle de l'expression $I e^{\omega t \sqrt{-1}}$, la quantité I, qui elle-même est une quantité dirigée, sera par nous appelée simplement

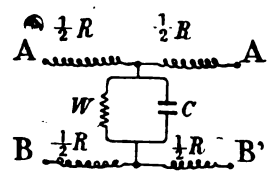


Fig. 1. — Schéma d'une ligne téléphonique artificielle en H.

le vecteur courant, ou plus simplement encore le courant. Mêmes conventions pour les potentiels.

Cela étant, soient AB, A'B' les extrémités d'une ligne téléphonique quelconque et envisageons une pulsation déterminée ω.

Soit I le courant qui entre par A et qui sort par B, soit I' le courant qui sort par A' et qui rentre par B', soit $V = V_A - V_B$ la différence de potentiel entre A et B, $V' = V_{A'} - V_{B'}$ la différence de potentiel entre A' et B', on sait que l'on a

$$(1)\qquad \begin{cases} V = A_1 V' + B I' \\ I = A_2 I' + C V' \end{cases}$$

avec

$$(2)\qquad A_1 A_2 - B C = 1,$$

et si la ligne est homogène, on a $A_1 = A_2$.

Je me propose tout d'abord de démontrer que, si entre les points A B d'une part et les points A'B' de

Digitized by Google

l'autre, on a un réseau de Kirchhoff absolument quelconque, on a toujours des équations de la forme (1) et que la condition (2) est toujours satisfaite. Ce cas est beaucoup plus général que celui des lignes, le long desquelles les résistances, pertes, capacités et self-inductances sont uniformément réparties, tout au moins dans chaque tronçon.

Pour faire cette démonstration, je partirai des équations ci-après

$$E_i = \frac{1}{2}\frac{\partial J}{\partial x_i}, \quad (i = 1, 2 \ldots n).$$

Dans ces équations, on suppose que les intensités des courants sont toutes exprimées, au moyen des équations de Kirchhoff $\Sigma I = 0$ relatives aux divers sommets, en fonction de n d'entre elles qui restent arbitraires. Le flux x_i est celui d'un filet fermé, la distribution des courants étant solénoïdale et E_i est la somme algébrique des forces électromotrices rencontrées le long du circuit correspondant à ce filet. Quant à J, son expression algébrique est celle qui donnerait la chaleur de Joule $\Sigma R I^2$, si les résistances, au lieu d'être imaginaires comme nous le supposons, étaient réelles.

Ici, à l'intérieur du réseau de Kirchhoff considéré, nous supposons expressément que nous n'avons pas de force électromotrice. Donc, tous les E seront nuls. Il y aura exception cependant pour deux filets, je les appellerai x et y; l'un entre par A et sort par B, l'autre sort par A' et rentre par B'. On devra alors tenir compte de $V = V_A - V_B$ et de $V' = V_{A'} - V_{B'}$. Et les équations à résoudre pour avoir les courants seront

$$V = \frac{1}{2}\frac{\partial J}{\partial x},$$

$$-V' = \frac{1}{2}\frac{\partial J}{\partial y},$$

$$0 = \frac{1}{2}\frac{\partial J}{\partial z},$$

$$0 = \frac{1}{2}\frac{\partial J}{\partial u}.$$

Nous pouvons, sans que la généralité soit diminuée, nous borner au cas de quatre variables indépendantes, pour ne pas surcharger l'écriture. Ces équations peuvent s'écrire

$$\begin{aligned} V &= ax + by + cz + du, \\ -V' &= bx + a'y + ez + fu, \\ 0 &= cx + ey + a''z + gu, \\ 0 &= dx + fy + gz + a'''u. \end{aligned}$$

Et ce que nous voulons c'est V et x, en fonction de V' et de y.

Nous écrirons donc

$$\begin{aligned} -V + ax + cz + du &= -by, \\ bx + ez + fu &= -a'y - V', \\ ax + a''z + gu &= -ey, \\ dx + gz + a'''u &= -fy, \end{aligned}$$

Les constantes forment un tableau de déterminants. Pour simplifier, je représenterai chaque déterminant par sa diagonale entre parenthèses.

Par exemple, on aura

$$(b\,a''a''') = \begin{vmatrix} b & e & f \\ c & a'' & g \\ d & g & a''' \end{vmatrix}.$$

Dans ces conditions, en résolvant par rapport à V, x, z, u, il vient

$$V = -\frac{(a\,a'a''a''')}{(b\,a''a''')}V' - \frac{(a\,a'a''a''')}{(b\,a''a''')}y,$$

$$z = -\frac{(a'a''a''')}{(b\,a''a''')}y - \frac{(a''a''')}{(b\,a''a''')}V'.$$

Or, la théorie des déterminants nous apprend (Salmon, Algèbre supérieure, 4e leçon, n° 33) que l'on a

$$(a\,a''a''')(a'a''a''') - (b\,a''a''')^2 = (a\,a'a''a''')(a''a''').$$

C'est la condition (2). Elle est donc toujours satisfaite d'elle-même et n'est pas particulière à la ligne en H de Breisig. Pour que l'on ait l'analogue d'une ligne homogène, il faut en outre que l'on ait

$$(a\,a''a''') = (a'a''a''').$$

J'ai une confirmation remarquable de cette théorie

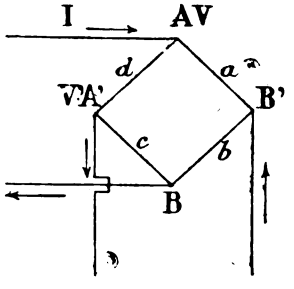


Fig. 2. — Schéma d'une ligne artificielle en pont de Wheatstone, identique à la ligne en H.

dans le cas particulier du pont de Wheatstone, figure 2.

On a, en effet

$$V = \frac{(a+b)(c+d)}{ac-bd}V' + \frac{ab(c+d)+cd(a+b)}{ac-bd}I,$$

$$I = \frac{(a+d)(b+c)}{ac-bd}I' + \frac{a+b+c+d}{ac-bd}V',$$

Digitized by Google

comme le montre un calcul sans difficulté, avec $V = V_A - V_B$ et $V' = V_{A'} - V_{B'}$ et avec les conventions de sens indiquées sur la figure. Et l'on a bien

$$(a+b)(c+d)(a+d)(b+c) - (a+b+c+d)$$
$$(ab(c+d) + cd(a+b)) = (ac - bd)^2,$$

identité que M. Thévenin a proposée aux examens d'admission aux cours professionnels des P. T. T., il y a déjà de longues années.

La condition, pour que l'on ait l'image d'une ligne homogène, c'est

$$(a+b)(c+d) = (a+d)(b+c),$$

ou

$$(b-d)(c-a) = 0,$$

C'est-à-dire, soit $b = d$, soit $c = a$.

Il semble que la ligne en quadrilatère ne soit pas plus compliquée que la ligne en H.

En résumé, j'ai montré qu'entre les points d'entrée A B d'un réseau quelconque et les points de sortie A' B', on avait les relations (1) et que la condition (2) était toujours satisfaite d'elle-même; enfin je propose pour remplacer la ligne en H un dispositif en quadrilatère qui me paraît équivalent.

J.-B. POMEY,
Ingénieur en chef des Télégraphes.

La Société hydrotechnique de France

Dans cette note l'auteur, après avoir rappelé les origines de cette Société ainsi que celles de son Comité technique, indique le but de l'activité de la Société et de son Comité; il insiste particulièrement sur ses travaux actuels : unification de la nature du courant et des tensions sur les réseaux électriques, établissement d'une carte générale de ces réseaux, et montre l'intérêt économique de ces améliorations.

Aménager une chute, c'est utiliser une portion de l'énergie solaire.

Laisser l'eau descendre inemployée des sommets de nos montagnes est un crime contre la Patrie.

La Chambre syndicale des Forces hydrauliques, qui groupe les grands détenteurs de chutes, a jugé nécessaire, il y a une douzaine d'années, de confier à une réunion de techniciens les études sur l'utilisation rationnelle et normale des chutes d'eau, et a chargé de ces recherches une Commission que présidait à l'origine le regretté Pinat ; cette Commission s'appelait : Commission d'essai des turbines.

Bien vite on reconnut que l'activité de cette Commission ne devait pas se borner aux essais de turbines et que toute une série de questions était à envisager ; en particulier la mesure des débits et l'étude des coups de bélier, qui, dans les longues conduites actuelles, peuvent amener des surpressions désastreuses, lors d'une fermeture insuffisamment graduée de l'aubage des turbines.

Devant les résultats très encourageants obtenus, on décida, pour des raisons administratives, de fonder une Société qui puisse posséder des fonds et les gérer ; de là est sortie la Société hydrotechnique de France présidée par M. Augustin Blanchet et son Comité technique qui, siégeant tantôt à Paris, tantôt à Grenoble, représente l'ancienne Commission d'essai des turbines, et est chargé de toutes les études techniques. Son indépendance vis-à-vis la Société hydrotechnique est telle que, sous réserve de l'approbation du Conseil d'administration de celle-ci, il recrute lui-même ses membres.

Ce sont les travaux de ce Comité technique que je vais sommairement exposer.

Les études sur les coups de bélier, scientifiques, techniques et expérimentales ont donné lieu à des mémoires de premier ordre de MM. Allievi, de Sparre, Rateau, Camichel et de toute une phalange de chercheurs; cette question des plus complexes est à peu près élucidée aujourd'hui, et il est possible de déterminer tout au moins les limites des surpressions et dépressions produites en un point d'une conduite par une fermeture ou une ouverture plus ou moins brusque de la turbine. On sait quelles doivent être les caractéristiques du régulateur d'une turbine pour éviter ces à-coups ; parallèlement, on a étudié le rôle des cheminées d'équilibre. Le service ainsi rendu à l'industrie est de tout premier ordre, car il permet l'établissement des grandes conduites forcées dans les meilleures conditions de sécurité. Ce fait justifie à lui seul l'existence de la Société hydrotechnique.

A côté de cette question primordiale, où devaient intervenir les ressources de l'analyse mathématique, le Comité technique a étudié et mis au point un cahier des charges pour la réception des turbines, et, par l'intermédiaire d'une Commission spéciale, en prépare un autre relatif aux fournitures de conduites. Tout ceci a entraîné des recherches délicates en particulier sur la mesure des débits, soit au moment même des essais, soit en marche courante pour la surveillance des appa-

Digitized by Google

reils et la constatation à n'importe quel moment de leur rendement ; ces recherches ont amené la diffusion des compteurs Venturi fort peu appliqués avant l'action de la Société.

Enfin la Société s'est assuré le concours du Laboratoire de l'Institut électrotechnique de Grenoble et négocie actuellement avec l'Université de Toulouse, où elle voudrait, comme à Grenoble, créer un centre pour les essais à faire chez les industriels et un foyer de recherches hydrotechniques.

Sous l'action inéluctable des résultats obtenus, le rôle du Comité technique s'est développé et agrandi, au point que ce Comité recherche actuellement les moyens de remplacer, partout où cela est avantageux, l'énergie due à la combustion de la houille par celle que l'on tire des chutes d'eau.

Cette question, maintes fois soulevée dans la presse quotidienne, semble très simple à résoudre ; elle est en réalité très complexe, et il ne saurait être inutile de l'examiner à la lumière des événements actuels, et de déterminer les conditions sous lesquelles cette substitution doit être faite, pour être rationnelle et économique.

Avant tout, il y a lieu de savoir quelles sont les disponibilités actuelles des chutes installées, ou près de l'être ; la réponse est malheureusement très facile : nos disponibilités actuelles sont extrêmement petites, sinon nulles ; toute l'énergie hydraulique installée est utilisée, et on ne saurait, dans un avenir immédiat, compter sur de nouvelles ressources de ce genre. Dans la région des Alpes en particulier, les quelques 550 000 kw installés sont tous utilisés, les 74 000 concédés ont tous une destination, et les 500 000 dont l'aménagement est à l'étude ne seront vraisemblablement pas disponibles avant la fin de la guerre actuelle. La situation est analogue dans le reste du pays.

Partant de là on voit que l'on ne saurait, pour le moment du moins, envisager le remplacement pur et simple, plus ou moins complet du charbon par les forces hydrauliques ; c'est seulement une double substitution que l'on doit rechercher, et plus tard seulement on pourra étudier le remplacement partiel du charbon sans contre-partie. Étudions donc les conditions économiques de cette double substitution.

La thermodynamique, dont les lois ne sont autres que les grandes lois naturelles de l'énergétique, repose sur deux principes, celui de l'équivalence de la chaleur et du travail et le principe de Carnot ; ce dernier montre qu'il est fâcheux de transformer de l'énergie mécanique en chaleur, parce que l'opération réciproque, obtention d'énergie mécanique à partir de la chaleur, ne se fait qu'avec un rendement bien inférieur à l'unité. La production du travail mécanique à partir du charbon, dans une machine à vapeur par exemple, ne peut être réalisée que s'il passe au condenseur une certaine quantité de chaleur qui n'est pas transformée en travail et n'est plus utilisable, de sorte que, si on retransformait, sans perte cette fois, l'énergie mécanique en chaleur, on serait loin de retrouver les calories que la combustion du charbon a fournies, ceci même avec des machines parfaites. Le rendement théorique d'une machine à vapeur fonctionnant entre 200° et 15° est au maximum 39 pour 100 ; pratiquement dans les grandes centrales électriques, il faut brûler au moins 0,700 kg de charbon pour obtenir un cheval-heure dont l'énergie correspondrait à celle de 0,079 kg de charbon ; le rendement, à cause des imperfections de la chaudière et du mécanisme, n'est guère que 11 à 12 pour 100. On voit tout l'intérêt qui s'attache à éviter la transformation d'énergie mécanique en énergie calorifique. L'énergie mécanique est d'ailleurs transformable en énergie électrique sans perte théorique et pratiquement avec des rendements de l'ordre de 93 pour 100.

Ceci peut être mis sous une forme un peu différente : supposons un industriel ayant à sa disposition une puissance électrique produite partie par une chute d'eau, partie par une machine à vapeur ; cet industriel doit chauffer des fours à creuset. Il peut opérer de deux manières : ou chauffer ses fours électriquement, et par suite augmenter sa production d'électricité, ce qu'il sera amené à faire en poussant sa machine à vapeur, ou chauffer ses fours avec du charbon. En partant des rendements pratiques, on trouve que, si dans le premier cas il dépense 3 500 kg de charbon par jour, dans le second il n'en dépensera que 1 000, d'où une économie journalière de 2 500 kg en chauffant les fours directement.

Or, cet industriel est l'image de la France industrielle dans son ensemble et l'exemple choisi montre la voie dans laquelle il convient de s'engager ; il faut de toute nécessité réserver l'énergie hydraulique à la production de la force motrice, de l'électricité, de la lumière, de l'électrolyse et du chauffage dans des conditions spéciales d'atmosphère ou aux températures que l'emploi seul de l'arc électrique permet d'atteindre ; réserver au charbon le chauffage industriel ordinaire et naturellement les actions chimiques directes.

La guerre actuelle a montré que les industries diverses sont solidaires les unes des autres, tout au moins pour la production de l'énergie, et la règle de conduite précédemment indiquée aurait dû être appliquée dès le temps de paix. Ce que l'on n'a pas fait jusqu'ici il faut le faire dans l'avenir, sous peine de se trouver peut-être plus tard dans une situation encore plus délicate que celle dans laquelle nous sommes actuellement.

Tout gaspillage de charbon représente une sortie d'or inutile et il est inadmissible que l'on ne réduise pas ces sorties autant que faire se peut.

Un des premiers problèmes qui se posent dans l'ordre d'idées indiqué est la substitution sur l'ensemble du territoire de la force motrice hydraulique à la vapeur pour la production de l'électricité. Si Paris n'était pas éclairé par des centrales à vapeur, la crise de l'éclairage ne se serait pas produite et celle du chauffage aurait été atténuée. Mais il y a mieux à faire que d'opérer sur des installations isolées ; profitant du fait que l'électricité permet la transmission de l'énergie à des distances énormes, avec d'excellents rendements, grâce à l'éléva-

Digitized by Google

tion des tensions, il faut relier toutes nos installations d'énergie entre elles, de manière à ne plus utiliser que de l'énergie hydraulique quand nous aurons aménagé toutes nos chutes d'eau (houille blanche et houille verte). Le but à atteindre est donc de relier entre eux tous nos réseaux d'énergie électrique, de manière à couvrir la France d'une véritable toile d'araignée, sur laquelle aux endroits les plus propices seraient installées les usines productrices.

Ne serait-ce pas là une solution des plus élégantes du problème tant cherché de l'utilisation de la chaleur actuelle du soleil, dont par un singulier paradoxe les glaciers sont le réservoir.

Malheureusement, trop souvent, les caractéristiques du courant ne sont pas les mêmes quand on passe d'un réseau local actuel à un autre, et il est bien regrettable qu'une fois reconnus les avantages du courant triphasé l'Etat, en accordant les concessions, n'ait pas, je ne dis pas obligé, mais engagé les concessionnaires à employer un genre unique de courant; actuellement, en passant d'un réseau à un autre, le courant peut de continu devenir alternatif, et, même s'il est alternatif dans deux réseaux voisins, la fréquence en est rarement la même (42, 45, 50, 53, etc.); il est difficile de comprendre pourquoi une fréquence bonne à Paris perd ses qualités en traversant la Seine; cette diversité entraîne de grandes difficultés pour la conjugaison des réseaux voisins; et que dire de la ville de Paris où un atelier ne peut être changé de quartier sans que l'on doive changer ses moteurs! ici nous sommes en pleine fantaisie.

La Société hydrotechnique de France s'est proposé d'étudier cette question si grave pour la Défense nationale, en lui réservant une place spéciale parmi celles qui occupent son activité; aussi a-t-elle constitué une commission spéciale, dite Commission des Réseaux, chargée d'étudier l'unification du courant. Cette étude menée de concert avec d'autres groupements s'est déjà traduite par une lettre adressée au ministre des Travaux publics en date du 16 juin 1917. D'autre part, cette Commission entreprend l'établissement et la publication d'une carte des réseaux, nécessaire pour ses études ultérieures.

CHARLES PINAT

1854-1905

Ingénieur des Ponts et Chaussées, Associé-Gérant des Hauts Fourneaux et Forges d'Allevard,
Premier président du Syndicat des Forces hydrauliques (aujourd'hui Chambre syndicale des Forces hydrauliques).

Tel est, dans ses grandes lignes, le but de l'activité de la Société hydrotechnique de France et de son Comité. On voit combien il est vaste et on peut juger de l'importance des travaux entrepris, puisque chacun d'eux se traduit par une amélioration dans l'utilisation de nos chutes d'eau et par suite, pourrait-on dire, par une véritable récupération d'énergie.

Il serait bien à souhaiter que l'existence et le but de la Société soient connus plus et mieux qu'ils ne le sont par le grand public et que, sortant de la sphère relativement modeste où elle s'est tenue jusqu'ici, la Société prenne, forte des résultats de ses travaux, la place importante à laquelle elle a droit par son activité et son désintéressement. C'est par un chaleureux appel à tous ceux qu'intéresse l'avenir économique de notre patrie que je terminerai ces quelques lignes, heureux si j'ai pu leur faire saisir l'importance du rôle de la Société hydrotechnique de France.

A. Perot,
Professeur à l'Ecole polytechnique, vice-président du Comité technique de la Société hydrotechnique de France.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Influence de la capacité des spires dans les solénoïdes à couche unique (1).

Dans ce travail, l'auteur décrit une méthode de mesure précise pour la détermination de la période des oscillations électriques et l'applique à la détermination de la capacité des spires de bobines à couche unique, pour une large série de dimensions de ces bobines. La méthode est vérifiée par une détermination du rapport v de l'unité électromagnétique de masse électrique à l'unité électrostatique à partir des périodes mesurées ainsi que des inductances et des capacités obtenues par le calcul.

Introduction. — L'étude de l'oscillation d'une bobine vibrant suivant sa période propre est certainement l'un des problèmes les plus difficiles de la physique mathématique. Outre son inductance, la bobine possède une capacité effective provenant de ce que les différentes parties de la bobine sont à des potentiels différents périodiquement variables. La théorie n'a été développée que pour des bobines à une seule couche; encore ne concorde-t-elle que grossièrement et dans des limites restreintes avec les données expérimentales. Drude (2) a donné l'expression de la longueur d'onde et de la capacité d'une bobine en oscillation libre et mesuré les longueurs d'ondes des bobines pour un grand intervalle de dimension des bobines. Une étude plus rigoureuse a été faite par W. Lenz (3) qui a calculé les expressions relatives à des bobines de très grande et de très courte longueur d'onde et obtenu par interpolation les données relatives aux longueurs d'onde moyennes.

Une autre méthode pour l'obtention des périodes propres consiste à mesurer la période d'un circuit constitué par une inductance et une capacité externe disposées en série. Le carré de la période est une fonction linéaire de la capacité externe. On a ainsi

$$T^2 = 4\pi^2 L\,(K + K_0),$$

K désignant la capacité variable du condensateur et K_0 ce qu'il faut ajouter à K pour obtenir la capacité totale du système (une partie de K_0 est constituée par la capacité des spires de la bobine). K_0 peut ainsi être obtenu par extrapolation. De telles mesures ont été faites par Webster (4) qui a vérifié que la relation est bien linéaire.

Ce travail a pour but de compléter celui de Drude, chaque bobine faisant partie d'un circuit oscillant du type utilisé habituellement en télégraphie sans fil; une des extrémités de la bobine est mise au sol et n'oscille pas librement comme dans le transformateur de Tesla utilisé dans les expériences de Drude.

Mesure de la période. — La méthode utilise une modification de l'appareil de Webster et elle doit en grande partie sa précision à l'excellente construction du chronographe à chute utilisé. La modification consiste dans l'emploi d'un électromètre dont les déviations donnent, en grandeur et en signe, le potentiel à tout instant après l'interruption du courant dans un circuit inductif. Si le circuit est oscillant le dispositif permet de tracer les oscillations du potentiel et fournit un procédé de mesure très précis de la période des oscillations.

Le levier 1 (fig. 1) ferme le circuit à travers la self-induction L, le courant étant réglé par la résistance non inductive R. Le condensateur K est branché sur les extrémités de la self-induction. Un poids, abandonné par un électro-aimant, tombe en chute libre d'une hauteur déterminée, frappant le levier 1 et ouvrant le circuit. Des oscillations en résultent dont la période dépend du système K, L et des connexions, la résistance variable et la batterie étant déconnectées et mises à la terre en E. A un instant suivant déterminé, le projectile frappe le levier 2 qui, à son tour, frappe le levier 3, le séparant du contact P. Le levier 2 est relié d'une manière permanente avec un des plateaux du condensateur à air et peut être considéré comme une électrode de potentiel. Le contact P est en relation avec une paire de quadrants d'un électromètre qui sont déconnectés du sol au moment de la libération du projectile. Comme on peut le voir, la communication avec l'électromètre est établie et immédiatement interrompue au moment où le levier 2 frappe 3. La phase de l'oscillation à cet instant détermine le signe et la grandeur de la charge reçue par l'électromètre. La durée du contact entre le condensateur et l'électromètre doit être considérée comme finie, mais les résultats obtenus montrent qu'elle est, ou bien extraordinairement constante, ou bien très faible vis-à-vis de la période utilisée.

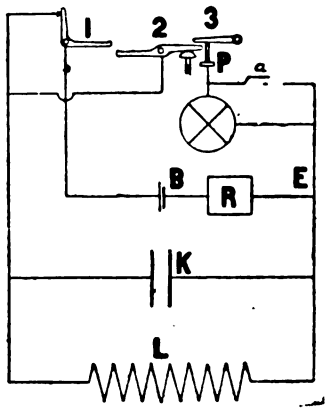


Fig. 1. — Schéma de montage pour la mesure de la période.

Le système comprenant les leviers 2 et 3 et l'écrou de contact P, et en outre un arrêt (non représenté) ayant pour objet d'empêcher le levier 3 de retourner vers P pendant la déviation de l'électromètre, est monté sur un lourd plateau d'ébonite que porte un chariot mobile verticalement au moyen d'une vis micrométrique qui permet de lire le $\frac{1}{1\,000}$ de mm. Pratiquement, on détermine habituellement la position la plus élevée du chariot pour laquelle on commence à observer des déviations dans l'électromètre. On a ainsi le point pour lequel le contact est établi avec l'électromètre à l'instant même où le circuit est interrompu et

(1) J.-C. Hubbard. *Physical Review*, juin 1917, 2e série, t. IX, p. 529-541, 5 800 mots, 3 fig., 5 tab.
(2) *Ann. der Physik*, 1902, 4e série, t. IX, p. 293-339.
(3) *Ann. der Physik*, 1914; 4e série, t. XLIII, p. 749-797.
(4) *Phys. Rev.*, 1918, t. VI, p. 297-314.

Digitized by Google

on le prend comme zéro du micromètre. En ce point le projectile a une vitesse qui dépend de la hauteur de chute au-dessus du levier 1. Les lectures suivantes du micromètre, rapportées à ce point comme origine, mesurent ainsi le déplacement postérieur du projectile, duquel on peut déduire la vitesse moyenne pendant tout intervalle où se produisent les oscillations et par suite le temps correspondant.

Pour déterminer une période, on situe habituellement les positions de deux nœuds successifs, on cherche ensuite un nœud au double de cette distance et ainsi de suite, en doublant constamment, jusqu'à ce qu'on ait couvert un nombre considérable de nœuds, parfois plusieurs centaines. Les positions initiale et finale de la vis sont déterminées à 0,0001 cm près et comme on couvre un intervalle d'au moins 0,5 cm, l'erreur dans la mesure de la longueur est inférieure à $\frac{1}{2\,000}$.

La période d'oscillation est alors

$$T = \frac{s}{n\,V},$$

où s est la longueur sur la vis micrométrique correspondant à $2\,n$ demi-ondes et V la vitesse moyenne du projectile pendant les oscillations que l'on mesure.

Il y a quatre sources possibles d'erreur dans la détermination de V, chacune d'elles tendant à rendre la valeur réelle inférieure à celle trouvée : le magnétisme résiduel dans le relais électromagnétique du projectile, la résistance de l'air, le moment d'inertie des leviers et la tension des rubans de cuivre qui maintiennent en place les leviers. En utilisant des valeurs différentes de l'aimantation de l'électro-aimant et des vitesses variables jusqu'à 3,5 cm : sec d'où résulte une variation de la résistance de l'air, en essayant des leviers de dimensions différentes et sous divers degrés de tension, on trouve que ces erreurs ne sont pas d'un ordre de grandeur suffisant prises isolément ou collectivement, pour pouvoir être décelées dans les résultats.

Système électrique. — Le solénoïde dont on veut mesurer la capacité est disposé, l'axe étant horizontal, à une certaine distance du condensateur. Les fils de communication du solénoïde avec le condensateur forment un circuit rectangulaire de dimensions connues (fig 2) dont le plan passe par

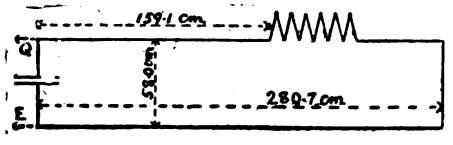


Fig. 2.

l'axe de la bobine. Le bord supérieur du rectangle est constitué par le prolongement de la génératrice inférieure de la surface de la bobine.

Le condensateur à air est formé de deux plateaux en acier poli séparés par des séries de trois petits cylindres de verre dont la longueur a été déterminée au moyen d'un micromètre optique. Six séries de cylindres ont donné les capacités (formules de Kirchhoff) indiquées dans le tableau III.

Les tableaux I et II donnent les dimensions et les valeurs calculées de la self-induction des bobines construites.

Tableau I. — *Données relatives aux bobines.*

séries	r cm	d cm	d' cm	$\frac{D}{d}$
E	9,740	0,0650	0,0840	1,50
F	21,163	1.0291	0,1529	1,63
G	9,84	0,0625	0,0834	3,13
H	31,63	1,0810	0,2095	1,75
I	31,55	0,0632	0,0830	5,02
J	7,96	0.0659	0,0855	1,35
K	6,297	0,0650	0,0840	1,40
L	31,57	0,0636	0.0844	4,98
M	9,64	0,0627	0,0840	5,06
N	9,745	0,0627	0,0840	1,56
O	21,165	0,0650	0,0860	3,26

Tableau II. — *Dimensions et selfs des bobines.*

séries	n	h	$L' \times 10^{-6}$ cm
E_1	886	86,549	30,904
E_2	750	73,263	25,732
E_3	625	61,050	20,993
E_4	500	48,837	16,279
E_5	375	36,624	11,609
E_6	250	24,412	7,0403
F_1	215	45,37	12,637
F_2	180	37,97	9,993
F_3	145	30,58	7,442
F_4	110	23,18	5,035
F_5	85	17,90	3,448
F_6	60	12,61	2,027
G_1	436	85,10	7,763
G_2	300	58,51	5,126
H_1	161	50,92	12,861
H_2	100	31,61	6,539
H_3	70	22,06	3,839
H_4	50	15,75	2,273
H_5	35	10,95	1,283
I_1	162	51,19	12,926
I_2	100	31,50	6,551
I_3	70	21,97	3,850
I_4	50	15,58	2,288
I_5	35	10,84	1,292
J	216	19,2	4,41
K	619	56,20	9,694
L	162	51,17	12,946
M	264	83,61	2,796
N	868	84,88	30,202
O_1	215	45,33	12,674
O_2	180	37,94	10,021
O_3	145	30,54	7,465

Rosa [1] a dressé des tables grâce auxquelles on peut corriger les formules de Nagaoka et obtenir la self-induction réelle d'une bobine. Les données suivantes sont nécessaires; r = rayon moyen de la bobine ; b = distance du centre au centre de $(n+1)$ tours $= \frac{(h-d')\,n}{n-1}$ (h est la longueur axiale de la bobine pour un fil isolé de diamètre d' ; d est le diamètre du fil dénudé); D = le pas de l'enroulement $= \frac{h-d'}{n-1}$,

La self-inductance du circuit rectangulaire est calculée par la formule de Rosa [2] dans laquelle a désigne la longueur et ρ, le rayon du fil dénudé.

La self-induction totale, L, du système s'obtient en ajoutant la self-induction de la bobine L', donnée dans le tableau II, à celle du circuit rectangulaire L''.

(1) *Bull. Bur. Standards*, 1912-1913, 8, n° 1, p. 119.
(2) *Loc. cit.* p. 155.

Digitized by Google

Dans des expériences préliminaires on a étudié l'influence d'une variation dans les dimensions du circuit rectangulaire et celle de la position relative de la bobine et du condensateur. Il n'y a pas eu de différences sensibles dans les valeurs de K_D ou de ν obtenues avec la même bobine dans les trois circuits utilisés. Les dimensions du circuit utilisé dans les expériences définitives sont indiquées sur la figure 2, ρ étant égal à 0,0251 cm et la self-induction du circuit étant $L'' = 10{,}260$ cm.

Résultats. — La période d'oscillation du système électrique peut être, à cause de la faible résistance du circuit oscillant et de la valeur relativement faible de la capacité, représentée par $T = \frac{2\pi}{\nu}\sqrt{LC}$, où L désigne la self-induction résultante de la bobine et du circuit rectangulaire et C, la capacité résultante du système comprenant le condensateur à air K, la capacité des conducteurs et des connexions K_L, et la capacité répartie dans la bobine K_D. D'où

$$T^2 = \frac{4\pi^2 L}{\nu^2}(K + K_L + K_D).$$

S'il n'y a pas de variation appréciable de L ou de K_D avec la fréquence, T^2 sera une fonction linéaire de K,

$$T^2 = \alpha K + \beta,$$

où

$$\alpha = \frac{4\pi^2 L}{\nu^2} \quad \text{et} \quad \beta = \frac{4\pi^2 L}{\nu^2}(K_L + K_D).$$

Les constantes α et β peuvent être déterminées par la méthode des moindres carrés, d'où l'on tire

$$\frac{\beta}{\alpha} = K_L + K_D = K_0,$$

$$\nu = 2\pi\sqrt{\frac{L}{\alpha}}.$$

Le tableau III montre la précision obtenue dans les résultats.

Tableau III. — *Déterminations de α et β : Séries* E_1.

K cm	$T^2 \times 10^{10}$, obs.	$T^2 \times 10^{10}$, calc.	$\Delta T^2 \times 10^{10}$	$\Delta T^2 : T^2$
211,32	2,7778	2,7779	−0,0001	−0,00004
332,04	4,1472	4,1464	+ 8	+ 19
427,47	5,2261	5,2282	− 21	− 40
565,05	6,7912	6,7880	+ 32	+ 37
827,56	9,7587	9,7636	− 49	− 50
1 528,71	17,7164	17,7119	+ 45	+ 25

$\alpha = 0{,}011336 \times 10^{-10}$ $\quad L = 25{,}742 \times 10^6$ cm

$\beta = 0{,}38237 \times 10^{-10}$ $\quad \nu = 2\pi\sqrt{L/\alpha} = 2{,}9943 \times 10^{10}$ cm/sec

$K_0 = \beta/\alpha = 33{,}73$ cm.

Ayant ainsi déterminé K_0 il faut ensuite déterminer K_L, capacité des conducteurs, afin de pouvoir trouver la capacité K_D répartie dans les spires de la bobine. La capacité des conducteurs a été mesurée directement par une méthode électrostatique [1]. Un procédé meilleur consiste à déterminer les valeurs de K_0 pour des bobines géométriquement semblables de dimensions linéaires différentes. Supposons que les dimensions linéaires d'une bobine soient n fois celles d'une autre. D'après le théorème bien connu sur les systèmes électriquement semblables, la capacité distribuée dans les spires de la plus grande bobine sera n fois celle répartie dans la petite bobine. On a donc

$$n\,(K_D = (K_D)_n,$$

d'où

$$\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)_1 = K_L + (K_D)_1$$

et

$$\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)_n = K_L + n\,(K_D)_1,$$

ce qui permet une détermination indépendante de K_L et de K_D. En considérant des bobines dont le noyau est de même nature et pour lesquelles le rapport du pas de l'enroulement au diamètre du fil nu est le même, on peut écrire, d'après Drude

$$K_D = r\Phi\left(\frac{h}{2r}\right),$$

d'où

$$K_0 = \frac{\beta}{\alpha} = K_L + r\Phi\left(\frac{h}{2r}\right).$$

Pour $\frac{h}{2r} = 1$, par exemple, on a, pour les séries E, F, H, qui sont comparables

$$(E) \qquad K_0 = 32{,}15 = K_L + 9{,}74\,\Phi,$$

$$(F) \qquad K_0 = 44{,}85 = K_L + 21{,}16\,\Phi,$$

$$(H) \qquad K_0 = 54{,}52 = K_L + 31{,}63\,\Phi,$$

d'où $K_L = 22{,}25$ cm.

La valeur mesurée par la méthode électrostatique 23,4 cm est en excellent accord. On a alors

$$K_D = K_0 - 22{,}25.$$

Les résultats sont indiqués sur le tableau IV. Ils montrent d'une manière évidente que le facteur de première importance pour la capacité répartie dans les spires est le rayon de la bobine, les deux quantités étant dans tous les cas du même ordre de grandeur.

Les valeurs obtenues de $\frac{K_D}{r}$ ont été représentées graphiquement en fonction des valeurs correspondantes de $\frac{h}{2r}$. On

[1] J.-C. Hubbard et H.-F. Stimson. *Phys. Rev.*, 1913, 2e série, t. 1, p. 245.

Digitized by Google

a constaté ainsi que $\frac{K_D}{r}$ passe par un minimum et prend une valeur très voisine de l'unité pour $\frac{h}{2r} = 1$.

Rien n'indique, pour la région étudiée, que la variation du rapport du pas de l'enroulement au diamètre du fil ait un effet mesurable sur la capacité distribuée dans les spires.

La nature du noyau semble également être d'importance relativement faible. Par exemple, dans la série *K*, le tube d'ébonite donne pour $\frac{h}{2r} = 4{,}46$ une valeur de $\frac{K_D}{r}$ égale à 1,254, tandis que la bobine E_1, à noyau de bois, donne $\frac{h}{2r} = 4{,}44$ et $\frac{K_D}{r} = 1{,}257$, les différences étant de l'ordre des erreurs d'expérience.

Dans ces expériences, la nature du diélectrique constituant le noyau a moins d'importance que dans celles de Drude, par suite du fait, déjà noté, qu'une des extrémités de la bobine est mise au sol, ce qui donne une configuration du champ de force électrique différente de celle réalisée dans les expériences de Drude. Un nombre relativement faible de lignes de force traverseront le noyau.

Mesures de v. — Afin de vérifier la précision du chronographe employé, l'auteur a utilisé les résultats obtenus pour calculer *v*, rapport de l'unité E. M. à l'unité E. S. de quantité. On a

$$T^2 = \left(\frac{2\pi}{v}\right)^2 L\,(K + K_0) = aK + b.$$

d'où l'on tire

$$v = 2\pi\sqrt{\frac{L}{a}}.$$

Le tableau III donne un exemple de ce calcul de *v*. Toutes les valeurs obtenues sont d'ailleurs en accord excellent entre elles.

La moyenne de 5 déterminations faites sur les séries E et F donne

(E) $\qquad v = 2{,}9950 \times 10^{10}$ cm/sec,

(F) $\qquad v = 2{,}9952 \times 10^{10}$ cm/sec,

avec une erreur inférieure à $\frac{1}{2000}$, cette précision étant bien meilleure que celle antérieurement obtenue par cette méthode.

L'auteur en déduit que le chronographe à chute constitue un instrument excellent pour la mesure précise de courts intervalles de temps, pour le calibrage des ondemètres et que la concordance des résultats obtenus consacre la valeur de la méthode actuelle de mesure des périodes. Cette méthode est particulièrement utile pour obtenir des mesures précises des faibles capacités ou des variations de la capacité, toute capacité introduite apparaissant comme une modification de K_0.

On a étudié, de cette manière, les capacités des fils de connexion, des électromètres et l'influence mutuelle des conducteurs. Le dispositif avec lequel ont été obtenus les résultats consignés dans ce mémoire est sensible à une modification de K_0 de 1 millionième ou à une capacité de 0,01 à 0,04 cm. Il est évident que la méthode est également utile pour la détermination précise de l'inductance et convient particulièrement par suite de l'élimination de la capacité de la bobine.

Les constantes diélectriques des liquides isolants ont été mesurées par l'auteur. A cet effet, un petit condensateur à air, disposé dans un récipient convenable, est mis en série avec *K* et on mesure la période, le récipient étant vide, puis rempli du liquide voulu. Quand on utilise des liquides conducteurs l'amortissement est si grand qu'on ne peut obtenir par cette méthode des valeurs précises de *T*. Aussi une méthode de résonance a-t-elle été développée pour l'étude des constantes diélectriques des liquides conducteurs. Cette méthode, qui utilise un circuit calibré en longueurs d'onde par le chronographe à chute et un détecteur du type audion, peut également conduire à de bons résultats pour la capacité distribuée dans les spires des bobines.

On peut remarquer, pour terminer, qu'il serait nécessaire d'avoir des indications sur la distribution du courant et le potentiel des bobines oscillantes. Jusqu'à ce qu'une telle étude soit au point, il est probable que l'étude théorique du solénoïde à couche unique ne fera pas de grands progrès.

Conclusions. — La méthode précise de mesure des périodes électriques des circuits, décrite dans cette étude, permet de calculer la capacité distribuée dans les spires de bobines mises au sol à une de leurs extrémités. Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

1° La relation entre le carré de la période et la capacité externe est très exactement linéaire au-dessous de la période propre de la bobine;

2° La capacité répartie dans les spires de bobines mises au sol par une de leurs extrémités n'est pas très influencée par la nature du noyau;

3° La capacité distribuée dans les spires de telles bobines passe par un minimum (dont la valeur numérique est pratiquement égale au rayon) pour les bobines de longueur égale à leur diamètre; elle augmente d'environ 25 pour 100 quand la longueur de la bobine devient égale à quatre fois le diamètre; pour les besoins pratiques de la télégraphie sans fil il semble suffisant de considérer la capacité effective de la bobine comme égale à son rayon si on a la mesure en centimètres ou à $\frac{r}{9}\,10^{-5}$ si on l'exprime en microfarads;

4° Les valeurs concordantes obtenues par cette méthode sur le rapport *v* de l'unité E M à l'unité E S de quantité mettent en évidence la précision dont est susceptible le chronographe à chute pour la mesure de faibles intervalles de temps;

5° Il est difficile de concilier les conclusions du 1° et du 4° avec la pratique courante qui consiste à supposer l'inductance effective d'une bobine oscillante comme égale à $\frac{2}{\pi}$ fois l'inductance totale. L'étude de cette question nécessite des données précises sur la distribution du courant et du potentiel dans une bobine oscillant librement.

A. B.

Modification active de l'hydrogène produite par les rayons α (1).

Il est bien connu que les rayons émis par les substances radio-actives sont susceptibles de produire des réactions

(1) William Duane et Gerald L. Wendt. *Physical Review*, août 1917, 2e série, t. x, p. 116-128, 5500 mots, 6 fig.

Digitized by Google

chimiques : ils décomposent l'eau, qu'elle soit liquide, solide ou gazeuse ; ils transforment l'oxygène en ozone ; ils scindent l'hydrogène sulfuré et l'ammoniaque en leurs éléments ; ils produisent de l'acide chlorhydrique, de l'acide bromhydrique et de l'ammoniaque à partir de leurs éléments, etc. Les auteurs se sont proposé de rechercher si les rayons α produisent une modification chimique appréciable dans l'hydrogène le plus pur qu'on puisse obtenir. Ils ont utilisé comme source de rayons une petite ampoule en verre de 0,5 mm de diamètre remplie d'émanation du radium : si les parois de l'ampoule sont suffisamment minces, une fraction notable de l'énergie des rayons α peut les traverser, produisant un rayonnement intense dans son voisinage immédiat. Une telle source présente également l'avantage que la substance radioactive ne vient pas au contact des substances sur lesquelles on expérimente. Les ampoules utilisées par les auteurs renfermaient environ 35 millicuries d'émanation.

Sans insister sur les méthodes mises en œuvre pour la purification de l'hydrogène, ni sur la technique expérimentale, signalons les résultats obtenus : les expériences effectuées établissent qu'un bombardement intense par les rayons α rend l'hydrogène beaucoup plus actif au point de vue chimique. Ainsi l'hydrogène, qui a subi l'action du rayonnement, se combine directement au soufre pour former de l hydrogène sulfuré, au phosphore pour donner de l'hydrogène arsénié. Il réagit également sur le mercure et réduit le permanganate neutre de potasse en solution à l'état de bioxyde de manganèse.

L'activité chimique acquise ne peut pas être attribuée à l'action directe des ions hydrogène, car le passage de l'hydrogène sur de la laine de verre ou dans un champ électrostatique intense (qui, tous deux, arrêteraient les ions), ne supprime pas les propriétés nouvelles acquises par le gaz.

L'activité chimique peut être due à la formation de H^3 par les rayons α. Certaines propriétés du gaz actif sont en faveur de cette hypothèse. Les auteurs n'ont cependant pas obtenu de preuves concluantes de l'existence de H^3.

Les expériences entreprises en vue de déterminer si la formation du gaz actif se produit au moment du bombardement réel par les particules α ou, plus tard, pendant la formation ou la désintégration des ions, n'ont pas donné de résultats probants.

On supprime l'activité de l'hydrogène en le faisant passer dans un tube immergé dans l'air liquide.

Une diminution de volume se produit dans l'hydrogène sous l'influence du bombardement par les rayons ; des expériences sont en cours afin de déterminer s'il s'agit d'une polymérisation de l'hydrogène ou si le phénomène observé est la conséquence d'une réaction chimique parasite telle que l'action de l'hydrogène sur le mercure contenu dans le tube où l'on opère.

La modification active de l'hydrogène n'est pas très stable : sa vie se mesure en minutes. A. B.

Conductibilité électrique des couches obtenues par pulvérisation (1).

Deux théories ont été proposées pour rendre compte de la résistance électrique élevée des couches métalliques extrêmement minces : celle de J.-J. Thomson (*Cambr. Phil. Proc.*, 1901, t. II, p. 120) et celle de Swann (*Phil. Mag.*, 1914, t. XXVIII, p. 467). L'auteur donne des arguments qui font rejeter ces deux théories.

Il établit une relation entre la conductibilité et l'épaisseur dans l'hypothèse d'un arrangement des groupes d'atomes plus ou moins régi par les lois du hasard. Cette relation se vérifie d'une manière satisfaisante pour des couches de platine, d'or et d'argent.

On constate, qu'examinées avec un microscope à fond noir, les couches les plus minces d'or et d'argent présentent une structure granulaire alors que les couches plus épaisses de ces métaux semblent tout à fait uniformes. On n'a observé aucune structure de cette sorte dans le cas du platine, ce qui tient sans doute à l'insuffisance du pouvoir de résolution du microscope.

L'apparition de la conductibilité a lieu pour des épaisseurs comprises entre 1,5 et 3 mμ dans le cas du platine et entre 6 mμ et 8 mμ dans le cas de l'or et de l'argent. Comme il est douteux que des particules ayant les dimensions compatibles avec ces épaisseurs puissent être détachées de la cathode par bombardement, leur formation est probablement due à la condensation des atomes des métaux. Cette hypothèse est en outre rendue probable par l'analogie entre les résultats de l'auteur et ceux de Weber et Oosterhuis relatifs à des couches obtenues par condensation. — A. B.

Potentiel d'ionisation des électrodes dans divers gaz (1).

Deux types de dispositifs ont été jusqu'ici utilisés pour la mesure directe des potentiels d'ionisation : l'un dans lequel la source d'électrons est constituée par une lame frappée par des rayons ultra-violets, (Lenard, Dember) ; l'autre dans lequel les électrons proviennent d'un fil incandescent ou d'une cathode de Wehnelt (Baeyer, Franck et Hertz, Pawlow, Goucher). L'auteur a étudié comparativement les deux méthodes. Il montre que la première, dans laquelle les électrons sont mis en liberté par des rayons ultra-violets, peut conduire à des résultats erronés, le nombre d'électrons mis en liberté étant trop faible. Cette remarque explique les écarts entre les résultats obtenus avec les deux méthodes.

Le potentiel d'ionisation de plusieurs gaz a été déterminé dans des conditions qui tendent à réduire au minimum l'effet photo-électrique dû aux radiations du tube sur l'électrode réceptrice. Les résultats obtenus ont été trouvés d'accord avec les valeurs admises pour les gaz suivants : oxygène, 9 v ; azote, 7,5 v ; hydrogène, 11 v.

Dans l hydrogène, outre l'ionisation qui débute à 11 v, on a constaté l'existence d'un nouveau type d'ionisation plus intense qui débute à 15,7 v.

Pour la vapeur de mercure, aucune ionisation ne peut être décelée au-dessous de 10,27 v, ce qui est en accord avec un travail récent de Goucher et Davis.

Le potentiel d'ionisation de l'oxyde nitreux a été trouvé identique à celui de l'azote. Il apparaît ainsi, tout au moins dans ce cas, que le potentiel d'ionisation de l'azote, n'est pas affecté par son entrée dans une combinaison.

A. B.

(1) Robert W. King. *Physical Review*, septembre 1917, 2e série, t. x, p. 291-300, 3 600 mots, 6 fig.

(1) F.-M. Bishop. *Physical Review*, septembre 1917, 2e série, t. x, p. 244-252, 3600 mots, 4 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Les paratonnerres

Les lignes qui paraîtront ici sous ce titre général « Les Paratonnerres » ont été inspirées par la lecture d'une récente brochure d un savant américain M. O.-S. Peters, que l'auteur a mise largement à contribution ; elles n'ont pas la prétention de constituer ni une théorie nouvelle ni un enseignement original, mais simplement de grouper une série de faits, de résultats et de données pratiques qu'on chercherait en vain dans les publications françaises et qui pourront, pensons-nous, intéresser beaucoup d'ingénieurs et de constructeurs.

I. — **De l'utilité des paratonnerres**. — Il semble au premier abord paradoxal, dans la patrie même de Franklin, de mettre en doute l'utilité du paratonnerre. Et cependant il est incontestable que, dans quelques pays, notamment dans certaines localités des États-Unis, l'impression prévaut que la présence de paratonnerres est une menace pour la propriété. Cette opinion provient surtout de cette assertion faite un peu à la légère, par la plupart des auteurs « qu'un paratonnerre mal établi est nuisible et dangereux ». Le public en a immédiatement conclu qu'un jour ou l'autre, soit par suite d'usure, soit par suite d'entretien insuffisant, etc., le paratonnerre pouvant ne plus remplir toutes les conditions voulues, ses imperfections viendraient augmenter les risques au lieu de les diminuer. Semblables craintes ne sont pas du tout fondées ; on pourrait citer à l'infini les exemples de bâtiments munis de paratonnerres dont les connexions au sol étaient rompues et qui furent frappés par la foudre sans avoir subi d'autres dommages que quelques pierres brisées, un mur lézardé, etc., sans que l'on ait jamais constaté d'incendie. Il ne faudrait évidemment pas tirer de ces faits une justification qu'un paratonnerre peut être installé au petit bonheur, mais on peut en conclure que, si une installation bien étudiée et soigneusement faite est indispensable pour obtenir le maximum de protection, un paratonnerre, même peu entretenu, n'est jamais une cause de danger. Au point de vue technique donc la question d'utilité du paratonnerre se résout sans hésitation par l'affirmative.

Mais au point de vue purement commercial ? L'intérêt des frais de premier établissement et l'entretien ne sont-ils pas plus coûteux que la prime d'assurance contre l'incendie ? Il existe, aux États-Unis, des sociétés qui se sont fait une spécialité d'assurer les immeubles contre tous genres de dommages causés par la foudre. L'étude de leurs statistiques est fort instructive.

On constate tout d'abord, ce dont on se doutait d'ailleurs, que la proportion par unité de surface, des incendies causés par la foudre dans les grandes villes est extrêmement basse en comparaison de ceux dus à d'autres causes ; c'est ainsi qu'en 1912 dans tout l'Illinois, la ville de Chicago non comprise, la proportion était de 5,71 pour 100 alors que pour Chicago même la proportion descendait à 0,56 pour 100.

La proportion moyenne pour tous les États-Unis est sensiblement de 3 pour 100.

Si on examine la valeur des immeubles incendiés par la foudre (qui atteint annuellement 40 millions de francs), en comparaison de celle de tous les immeubles brûlés, on trouve environ 3,3 pour 100.

Il doit résulter de ces chiffres que les compagnies d'assurances ayant leurs plus gros clients dans les villes où le risque d'incendie par la foudre est minime en comparaison avec le danger d'incendie pour toute autre cause, se désintéressent de la protection contre la foudre. Et c'est bien en réalité ce qui se passe.

Au contraire, certaines mutuelles d'agriculteurs, dont les risques sont confinés entièrement dans les districts ruraux, n'ont pas tardé à s'apercevoir que leur intérêt était de rechercher, par tous les moyens, à réduire les sinistres dus à la foudre. C'est ainsi que la Compagnie d'assurances mutuelles des agriculteurs de Iowa a montré que de 1905 à 1912 la valeur des sinistres payés pour des immeubles munis de paratonnerres a été seulement de 1,31 pour 100 de la valeur de tous les autres sinistres dus à la foudre. L'efficacité des paratonnerres est donc de près de 99 pour 100 et ce chiffre seul est éloquent si l'on remarque qu'il tient compte de toutes les installations, bonnes ou mauvaises.

Aussi certaines compagnies ont-elles été amenées à n'assurer que les immeubles protégés ; d'autres ont réduit leurs tarifs pour les maisons munies de paratonnerres, les abaissements allant jusqu'à deux tiers du tarif des bâtiments sans protection ; quelques-unes enfin firent installer à leurs frais des paratonnerres, ou bien les installèrent à prix coûtant.

Si donc, à l'heure actuelle, chez nous — je veux dire en France — il est, tout au moins en théorie, possible de mettre en balance les frais d'un paratonnerre et la prime d'assurance incendie, cela tient uniquement à ce que nos compagnies d'assurances se désintéressent trop de la question.

Mais il est un autre danger contre lequel nous protège

Digitized by Google

le paratonnerre, et celui-là aucune assurance ne saurait nous en dédommager : c'est la perte des vies humaines. Les statistiques à ce sujet sont rares, incomplètes ou d'une exactitude toujours douteuse, car il est souvent impossible de savoir pour chaque accident si le champ avait été réellement bien protégé. Il y a, aux États-Unis, 1500 personnes frappées annuellement par la foudre.

Les « Bureaux statistiques » nous fournissent des données fort intéressantes à ce sujet. On constate tout d'abord, en compulsant les résultats qu'ils publient, que les chiffres varient énormément selon les régions; cependant le nombre des morts par la foudre reste plus élevé dans les districts ruraux que dans les villes, ce qui est rationnel car les habitants de la campagne qui se livrent à des travaux de plein air sont évidemment beaucoup plus exposés que ceux des villes qui travaillent en usines, dans les bureaux, etc. En fait, 90 pour 100 des morts arrivent dans les villages.

Le chiffre moyen aux États-Unis des morts par la foudre est de 0,03 pour 100 du total des autres morts par accident; dans certaines régions il s'élève à 1,7 pour 100 et descend dans d'autres à 0,007 pour 100.

En dehors des morts, il y a également lieu de tenir compte des personnes blessées; le rapport des derniers aux premiers paraît voisin de 2,5. On peut donc dire que sur le total des personnes atteintes un tiers sont tuées, les deux autres tiers sont blessées ; il faut ajouter de plus que dans un très grand nombre de cas les blessures sont incurables.

Il faut donc faire de la propagande en faveur d'une application toujours plus fréquente des paratonnerres et montrer que ce n'est pas un instrument de luxe, en rappelant que plus de 3 pour 100 des incendies et 0,03 pour 100 au moins des morts accidentelles sont dus à ce fluide terrible que nous n'avons pas encore su domestiquer entièrement.

Les risques de coup de foudre. — On sait que la foudre frappe plus fréquemment certaines constructions que d'autres qui peuvent cependant paraître a priori plus exposées; certains points, des régions entières même sont plus sujets aux dommages. Il ne semble pas que des recherches méthodiques aient jamais été entreprises dans le but de déterminer les causes de cette préférence de la foudre, mais les statistiques de compagnies d'assurances américaines, résumées dans la « Chronique du feu » (1903) et qui englobent une période de dix-neuf années, ont permis de classer les propriétés suivant « l'attirance » qu'elles exercent sur le fluide électrique et de montrer que les réservoirs à huile par exemple, (nombreux aux États Unis), viennent en tête de liste, suivis par les églises, puis par les fermes. Le tableau suivant, extrait de l'ouvrage de M. Peters, nous a d'ailleurs paru suffisamment instructif pour être reproduit intégralement (voir page 135).

Un autre renseignement intéressant à préciser serait le rapport entre les cas de dommages causés par la foudre sans incendie et les cas de dommages avec incendie. Dans « Lighting Record », M. Kretzer a étudié cette question pour deux classes de propriétés seulement : les fermes et les habitations ordinaires. Il a montré que : sur 200 granges frappées, 87,5 pour 100 avaient été incendiées; sur 235 maisons particulières, 23 pour 100 avaient pris feu. Il en résulte que les fermes ont environ quatre fois plus de chances de brûler que les maisons, ce qui n'est pas surprenant étant donnée la nature extrêmement inflammable des hangars à pailles et fourrages.

Enfin quel risque, dans les mêmes conditions, court la vie humaine ? M. Kretzer, en analysant une série de sinistres portant sur 460 maisons dont deux ou trois seulement étaient munies de paratonnerres, et occupées par des familles de 4 à 5 personnes en moyenne, a montré que dans 55 pour 100 des cas les occupants furent plus ou moins grièvement atteints. Mais ce chiffre ne saurait cependant prétendre à être aussi près de la vérité que les précédents, car il aurait fallu tenir compte du genre de construction des immeubles ; il est incontestable par exemple que, dans les immeubles modernes, les conduites de gaz, d'eau, de chauffage central, etc., l'emploi de plus en plus répandu du fer pour les planchers concourent dans une certaine mesure à la protection contre la foudre; on peut dire simplement que l'on court un risque moins grand dans une maison d'habitation que sous un hangar ouvert ou dehors.

II. — **Caractéristiques des décharges de la foudre.** — Il semble a priori qu'il serait possible de soumettre à l'expérience l'étude des lois auxquelles obéit la foudre, notamment en ce qui concerne l'intensité du courant, sa fréquence, son potentiel, etc., ce qui permettrait alors d'établir sur des bases certaines la théorie du paratonnerre. On n'est cependant parvenu, dans cette voie, à aucun résultat pratique vraiment précis; bien plus, on n'a même pas réussi à mettre complètement d'accord sur certains points les savants qui se sont spécialement occupés de cette question fort délicate qu'est la protection contre la foudre.

Cela tient surtout à ce que l'on n'a pas les moyens de réaliser les expériences nécessaires sur une échelle appropriée ; les mesures, en outre, deviennent très difficiles ; enfin, on a été trop souvent amené à faire des hypothèses de départ qui demanderaient à être justifiées. Quoi qu'il en soit, et si discutables que soient encore les résultats obtenus, il y a lieu de les signaler.

Intensité de courant. — Le seul travail vraiment complet qui ait été fait en vue d'évaluer l'intensité du courant est dû à F. Pockels qui, supposant que les décharges de la foudre ont lieu dans une direction unique, fit usage de curieuses propriétés magnétiques du basalte qu'il avait découvertes.

Pockels, en effet, au cours d'expérience de laboratoire avait été amené à remarquer que, pour des champs magnétiques d'une seule direction, le magnétisme rémanent des prismes de basalte dépendait non pas de la durée ni de la variation du champ, mais uniquement de sa valeur maximum. Le magnétisme rémanent du

Digitized by Google

Tableau I.

CLASSES DES RISQUES	FEUX EN GÉNÉRAL (causes connues et inconnues)			FEUX DE CAUSES CONNUES SEULS (en dehors de ceux provoqués par un sinistre voisin)		
	Nombre total des feux.	Feux causés par la foudre.	pour 100	Nombre total des feux.	Feux causés par la foudre.	pour 100
Réservoirs à huiles	717	158	22,00	378	158	42,00
Eglises	6 185	756	12,20	4 286	756	17,60
Granges, étables, magasins	146 618	14 968	10,20	69 455	14 968	21,50
Dépôts de rails, gares	4 005	258	6,40	2 505	258	10,30
Stations d'éclairage électrique	603	37	6,10	352	37	10,50
Offices de télégraphie et téléphonie	1 214	67	5,50	460	67	14,50
Magasins et réserves de coton	726	30	4,13	348	30	8,60
Entrepôts de tabacs	1 294	49	3,80	741	49	6,60
Ecoles	4 917	179	3,70	3 672	179	4,90
Postes de police et pompiers	524	19	3,60	254	19	7,50
Manufactures de cordages	129	4	3,10	64	4	6,20
Dépôts de chemins de fer	463	14	3,00	256	14	5,50
Malteries	211	6	2,84	132	6	4,50
Soieries	181	5	2,80	65	5	7,70
Tribunaux	583	16	2,75	388	16	4,10
Rizeries	27	1	2,70	19	1	5 30
Distilleries	336	9	2,68	205	9	4,40
Hospices	784	20	2,55	570	20	3,50
Raffineries d'huiles et essences	654	16	2,45	443	16	3,60
Collèges	873	21	2,40	555	21	3,80
Elévateurs et magasins à grains	2 800	65	2,32	1 231	65	5,30
Glacières	3 296	76	2,30	963	76	7 90
Manufactures d'objets en coton	2 109	48	2,28	1 687	48	2,80
Magasins et réserves de foin	635	13	2,05	293	13	4,40
Papier et pulpes	789	15	1,90	461	15	3,20
Fabriques de beurre et fromages	1 218	23	1,90	553	23	4,20
Entrepôts	109	2	1,80	38	2	5,30
Moulins à farine	5 613	92	1,64	2 616	92	3,50
Filatures et peignages de laines	183	3	1,64	129	3	2,30
Fabriques de fenêtres et portes	733	11	1,50	335	11	3,30
Salles publiques	1 426	21	1,46	612	21	3,40
Fabriques d'articles en laine	141	2	1,42	69	2	2,90
Maisons de clubs	1 222	17	1,39	727	17	2,30
Engrais et phosphates	299	4	1,34	156	4	2,60
Magasins à huiles, peintures, etc	1 005	13	1,30	649	13	2,00
Habitations	460 395	5 921	1,29	264 604	5 921	2,20
Liquoristes	255	3	1,20	120	3	2,50
Verreries	511	6	1,17	296	6	2,00
Magasins et réserves de tabacs	435	5	1,15	129	5	3,90
Serres et fleuristes	1 051	12	1,14	609	12	2,00
Ecuries d'entraîneurs, d'hôtels, etc	7 631	86	1,13	2 634	86	3,30
Fonderies	2 981	33	1,10	1 629	33	2,00
Manufacture de tabac	455	5	1,10	162	5	3,10
Filature de laine	980	10	1,02	630	10	1,60
Salines	100	1	1,00	37	1	2,70

basalte peut donc être pris comme mesure du champ magnétique auquel il a été soumis et par suite comme valeur maximum du courant magnétisant.

Pour trouver la relation entre l'intensité du champ et les moments magnétisants temporaires et permanents d'un prisme donné, il suffisait d'essayer ce prisme-type dans une série de champs magnétiques connus et de tracer trois courbes ayant comme abscisse commune l'intensité du champ et respectivement comme ordonnées les moments temporaires, les moments résiduels et le rapport de ces moments. La forme générale des courbes obtenues avait la même allure que celle des courbes de magnétisation du fer doux.

Sans entrer dans le détail de cette théorie, on conçoit qu'il devenait possible de faire une détermination approximative de l'intensité du courant de décharge de la foudre. Pockels trouva ainsi des valeurs allant de 2 900 à 10 800 et même 20 400 A ; mais elles sont probablement trop faibles en raison du temps qui s'écoula entre l'instant du coup de foudre et le moment où l'on fit les mesures.

Il faut cependant en retenir que l'intensité des courants de décharges de la foudre se chiffre par milliers et même par dizaine de milliers d'ampères, mais comme la durée en est extrêmement courte — quelques millièmes de seconde seulement, ainsi que nous allons voir — la

Digitized by Google

quantité d'électricité qui se décharge sur la terre est faible; elle n'en constitue pas moins un courant de très grande amplitude. Nous reviendrons plus loin sur ce point en recherchant la valeur de l'énergie ainsi libérée dans un paratonnerre, sous forme de chaleur, quand celui-ci est frappé par la foudre.

Fréquence et durée du courant. — La simple observation montre que l'éclair est constitué non pas par une décharge unique, mais bien par une série de décharges successives se suivant les unes les autres à des intervalles de temps extrêmement courts. On a pu d'ailleurs, au moyen de chambres photographiques oscillantes ou rotatives, obtenir des épreuves séparant assez nettement les parties constituantes du trait de foudre. On a même pu calculer la durée totale de l'éclair et l'intervalle de temps qui s'écoule entre les décharges partielles successives; enfin, au moyen de disques rotatifs, on est parvenu à estimer à l'œil nu la durée des parties constituantes de la décharge.

Les expériences les plus récentes et les plus intéressantes sur ce qu'on peut appeler l'analyse photographique de l'éclair, ont été exécutées par le Dr Walter, de Hambourg. Il utilisait une chambre montée sur un axe fixe autour duquel elle tournait à une vitesse angulaire ω, uniforme et très lente; si on appelle ∂t l'intervalle de temps qui sépare deux décharges successives, y la distance d'un point de la plaque à une ligne passant au centre de cette plaque et parallèle à l'axe de rotation de la chambre, ∂y la distance des images des deux décharges successives considérées, enfin f la distance focale de l'objectif employé, on a

$$\partial t = \frac{f.\partial y}{\omega\,(f^2 + y^2)}.$$

Le Dr Walter est ainsi parvenu à montrer que, si les chiffres obtenus sont variables, ils sont cependant compris entre 0 à 0,6 sec pour la durée totale de l'éclair (qui dépend évidemment du nombre de décharges successives) de 0 à 0,20 ou 0,30 sec pour les intervalles. Cependant, si nous en croyons les comptes rendus donnés par les journaux du violent orage qui s'abattit sur Paris dans la nuit du 7 au 8 juillet dernier, M. Angot aurait constaté que certains éclairs durèrent plusieurs secondes.

En outre, l'examen des photographies obtenues a permis de déduire le caractère général du trait de foudre; en les examinant attentivement, en effet, on remarque qu'il y a presque toujours une première décharge préliminaire à ramifications; cette sorte de « prédécharge » prépare par ionisation la trajectoire pour la décharge complète (et ceci montre que l'opinion de l'Académie des Sciences sur la conductibilité médiocre de l'air ionisé n'est peut-être pas tout à fait irréfutable); celle-ci est ordinairement suivie de plusieurs autres le long du trajet ionisé, jusqu'à ce que soit atteinte une phase d'épuisement; souvent alors arrive après une courte interruption une décharge finale plus faible.

L'examen des caractéristiques des décharges est du plus grand intérêt pour l'étude du système de paratonnerres le plus rationnel.

Un point toutefois n'a pu encore être nettement précisé: les décharges sont-elles unidirectionnelles comme l'avait admis Pockels lorsqu'il a cherché à mesurer les intensités maxima du courant, ou bien sont-elles oscillatoires?... Elles apparaissent en tout cas comme fortement troublées.

Emde a essayé de déterminer la fréquence du coup de foudre, mais il a dû faire une série d'hypothèses qui ne sont rien moins que démontrées: aussi en est-on réduit à adopter une opinion assez générale qui fixe aux environs de 100 000 p : sec cette fréquence. C'est donc une moyenne fréquence en comparaison des hautes fréquences connues de 1 million et plus de périodes par seconde.

Cette moyenne fréquence est souvent suffisante pour provoquer les phénomènes secondaires de haute fréquence, soit qu'elle fût rapidement amortie, soit qu'elle fût unidirectionnelle. Le champ reste donc ouvert pour des recherches plus complètes que celles faites jusqu'alors.

Potentiel de l'éclair. — La rigidité diélectrique de l'air étant d'environ 30 000 v : cm, Lodge avait évalué que, pour produire un éclair d'un mile de longueur, il fallait un potentiel de 5 000 000 000 v. Mais le professeur Trowbridge a montré expérimentalement que, sous des tensions dépassant 1 000 000 v, l'air présente des propriétés différentes de celles trouvées avec les tensions auxquelles on l'avait soumis jusqu'ici.

D'ailleurs, le potentiel intéressant à considérer est celui qui se développe dans le paratonnerre lui-même et c'est là un point spécial sur lequel on est un peu plus documenté, ainsi que nous le verrons ultérieurement.

Effet du vent sur la trajectoire de l'éclair. — Nous avons vu plus haut que la « prédécharge » prépare la trajectoire de la décharge complète par ionisation de l'air. Or, si par suite de vent ou même d'un courant d'air, la trajectoire ionisée est déviée, on constate alors que le chemin suivi par la foudre paraît déterminé avec la plus déconcertante fantaisie; en réalité, l'effet seul du vent en a été la cause.

On a même pu constater qu'une décharge initiale ayant suivi un paratonnerre, les décharges successives étaient allées frapper un bâtiment situé à proximité comme si elles avaient été chassées de côté.

On explique de même les « coups divisés », c'est-à-dire ceux qui, en apparence, paraissent frapper simultanément des objets placés l'un près de l'autre comme une maison et un arbre; en réalité, l'image visuelle de l'éclair pouvant persister jusqu'à 1/10 de seconde, il n'y a pas simultanéité et ce sont deux décharges successives déviées par le vent qui agissent.

Il faut, lorsqu'on établit un paratonnerre, tenir compte de cette dérivation possible de la trajectoire par le vent.

Digitized by Google

III. — **Conditions de fonctionnement des paratonnerres.** — Étant donnée la documentation assez incomplète que nous possédons sur les caractéristiques de l'éclair, il apparaît au premier abord que les conditions de fonctionnement des paratonnerres doivent elles-mêmes être assez peu connues. Mais si les caractéristiques de la foudre sont mal définies, nous savons cependant qu'on peut avoir une idée de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, de la durée de l'éclair, etc.

On peut alors évaluer avec une approximation peut-être un peu grossière, mais cependant intéressante, la quantité de chaleur libérée au moment du coup de foudre; la différence de potentiel qui se produit entre le paratonnerre et les objets qui l'entourent, etc.

Pour arriver à cela, M. O.-S. Peters a été amené à faire les hypothèses suivantes :

1° L'intensité maximum du courant de l'éclair est prise égale à 25 000 A, et celui-ci est supposé constitué par 10 décharges successives d'égale valeur;

2° La fréquence est comprise entre un minimum de 100 000 p : sec et un maximum de 500 000;

3° La durée de chaque décharge partielle est de 1/35 000 de seconde; la durée totale, non compris les intervalles, est donc de 10/35 000 de seconde.

4° Comme on n'a aucune donnée précise sur la forme des ondes et leur amortissement, on admet une onde non amortie rectangulaire qui donnera l'échauffement maximum;

5° La durée de la décharge étant très courte, la perte de chaleur par radiation est certainement négligeable et on peut supposer que toute la chaleur libérée est absorbée par le paratonnerre;

6° Enfin, le calcul est fait dans le cas d'un paratonnerre constitué par une tige de 11,7 mm (correspondant au n° 0000 de la jauge américaine), avec deux prises de terre, la longueur de chaque câble de mise à la terre étant de 15,25 m et la résistance à 50° C du paratonnerre entre la partie aérienne et la connexion au sol étant de 0,00137 ohm.

Effets calorifiques. — Appelons R la résistance aux courants permanents, R' la résistance de haute fréquence, n cette fréquence, d le diamètre du paratonnerre en centimètres, lord Raleigh a montré qu'avec une forme d'onde sinusoïdale, on pouvait écrire

$$R' = R\frac{\pi d}{80}\sqrt{n}.$$

Il est possible que la décharge de la foudre ait un front d'onde extrêmement abrupt et, dans ce cas, la valeur de la résistance obtenue en appliquant la formule ci-dessus devrait subir une correction. Mais comme on ne connaît pas actuellement la forme d'onde d'une décharge de foudre, on pourra néanmoins, à titre d'approximation, conserver le chiffre ainsi obtenu.

Si dès lors on fait $n = 100\,000$, $R = 0{,}00137$, $d = 1{,}17$, on trouve

$$R' = 0{,}00137\,\frac{3{,}1416 \times 1{,}17}{80}\sqrt{100\,000} = 0{,}0199 \text{ ohm.}$$

Or, l'énergie transformée en chaleur par un courant d'intensité I, de résistance R' agissant pendant un temps t a pour valeur $I^2R't$; en remplaçant R' par la valeur trouvée ci-dessus, I par 25 000, t par 10/35 000 de seconde, on trouve

$$\frac{\overline{25\,000}^2 \times 0{,}0199 \times 10}{35\,000} = 3{,}553 \text{ joules}$$

qui, d'après la loi de Joule, représentent en unités de chaleur

$$\frac{3\,553}{0{,}981 \times 4{,}25} = 849 \text{ calories-grammes.}$$

Si on faisait le même calcul pour une fréquence $n = 500\,000$ p : sec, on trouverait 1 898 calories-grammes.

Supposons que le paratonnerre soit en cuivre, dont le point de fusion est à 1 083° C. Si on établit la courbe des chaleurs spécifiques du cuivre à diverses températures et que l'on prenne l'ordonnée moyenne, on trouve comme chaleur spécifique moyenne : 0,11. Donc, pour porter à son point de fusion 1 g de cuivre à 30° C par exemple, il faut environ : $(1\,083 - 30) \times 0{,}11 = 115$ calories. Par suite, avec une fréquence de 100 000 p : sec, il est libéré une quantité de chaleur suffisante pour fondre $\frac{849}{115} = 7{,}4$ g de cuivre (le même calcul fait pour une fréquence de 500 000 conduirait à 16,5 g de cuivre).

Si le paratonnerre est en fer, la formule qui donne R' doit être modifiée pour tenir compte des effets de la perméabilité magnétique du fer; elle devient alors

$$R' = \frac{2\,l\,10^{-9}}{d}\sqrt{\mu\rho n}$$

où d et n conservant leur désignation antérieurement spécifiée, l indique la longueur entre la pointe et le sol, ρ la résistivité du fer, μ sa perméabilité. En prenant alors $\rho = 12$ microhms par centimètre pour valeur moyenne de la résistivité et pour la perméabilité $\mu = 2{,}5$ (correspondant à un conducteur de 11,7 mm de diamètre traversé par un courant de 25 000 A) et remplaçant l par 1 525 cm, d par 1,17 cm, enfin n par 100 000, on trouve

$$R' = \frac{2 \times 1\,525 \times 10^{-9}}{1{,}17}\sqrt{2{,}5 \times 12\,000 \times 100\,000} = 0{,}071\,4 \text{ ohm.}$$

L'énergie transformée en chaleur aura dès lors pour valeur correspondante

$$\frac{\overline{25\,000}^2 \times 0{,}0714 \times 10}{35\,000} = 12\,750 \text{ joules}$$

ou

$$\frac{12\,750}{0{,}981 \times 4{,}25} = 3\,050 \text{ calories-grammes.}$$

Digitized by Google

Avec une fréquence de 500 000, on arriverait à 6809 calories-grammes.

La chaleur spécifique moyenne du fer, obtenue comme nous l'avons indiqué pour le cuivre, est d'environ 0,21. Pour porter 1 g de fer à son point de fusion qui est de 1500° C, il faudra donc : $1500 \times 0{,}21 = 315$ calories.

La chaleur libérée dans un paratonnerre en fer par un éclair à la fréquence de 100 000 p : sec peut donc fondre : $\frac{3046}{315} = 9{,}7$ g de fer. Avec une fréquence de 500 000, on trouve 21,6 g.

La résistance à haute fréquence des paratonnerres, dans le cas envisagé, varie en raison inverse du diamètre du paratonnerre et, par suite, la chaleur libérée varie dans le même sens. En d'autres termes, un paratonnerre ayant un diamètre moitié moindre que celui pris comme exemple, amènerait deux fois plus de métal à son point de fusion.

On voit, par ce qui précède, que les paratonnerres actuellement en usage et dont les tiges pèsent au moins 500 g au mètre ne seront jamais fondus si les hypothèses faites en ce qui concerne la longueur d'onde et l'intensité du courant ne sont pas dépassées par la réalité. Toutefois, il est indispensable, en outre, que les jonctions ne présentent pas de résistance appréciable.

Si, enfin, on appliquait les chiffres obtenus plus haut à la recherche de l'élévation de température que pourrait avoir à supporter le paratonnerre considéré, on trouverait une trentaine de degrés seulement dans le cas d'une fréquence de 500 000 p : sec qui donne les résultats les plus élevés.

Potentiel. — Si les effets calorifiques de la foudre sur un paratonnerre sont généralement insignifiants, il n'en est pas de même du potentiel entre la tige et la terre ou les objets avoisinants.

En effet, quel que soit le soin apporté à faire les jonctions, il est difficile d'arriver à une résistance aux connexions inférieure à 25 ohms. Négligeons alors les effets superposés dus aux oscillations de haute fréquence et ne considérons que la chute de potentiel provenant de la connexion au sol en admettant un courant régulier et unidirectionnel. Si nous prenons l'intensité présumée de 25 000 A, on trouve $25000 \times 25 = 625000$ v.

On voit par là que cette valeur, encore augmentée par suite des effets d'oscillation de haute fréquence, exige qu'il en soit tenu compte pour obtenir le maximum de protection.

Effets relatifs de surface. — La comparaison des valeurs du rapport $\frac{R'}{R}$ pour le cuivre et le fer permet d'intéressantes remarques. Dans les cas envisagés plus haut de paratonnerres de 11,7 mm on trouva pour une fréquence de 100 000 p : sec, par exemple

$$\text{avec le cuivre } \frac{R'}{R} = \frac{0{,}0199}{0{,}00137} = 14{,}5,$$

$$\text{avec le fer } \frac{R'}{R} = \frac{0{,}0714}{0{,}00851} = 8{,}4,$$

L'effet de surface est donc ici moindre dans le fer que dans le cuivre, et, par suite, avec les énormes intensités de courant et les longueurs d'ondes de la plupart des décharges de la foudre, il n'y a pas d'avantages sensibles en faveur de l'un ou l'autre métal.

En outre, alors que la résistance du fer est environ six fois celle du cuivre avec des courants continus et qu'elle est encore plus grande avec des courants alternatifs à basse fréquence, elle est au contraire bien inférieure à six fois celle du cuivre avec des courants de haute fréquence.

La supériorité du cuivre sur le fer diminue donc lorsqu'il s'agit de paratonnerres, et M. O.-S. Peters a pu conclure, en faisant remarquer que les décharges de courant à grande intensité saturent le fer, que « c'est quand la haute conductivité est la plus importante que la supériorité du cuivre sur le fer devient relativement faible ».

IV. — **Les systèmes de paratonnerre**. — Depuis la découverte de Franklin, les discussions et les controverses ont surgi nombreuses au sujet de l'application pratique des paratonnerres : on a défendu avec acharnement les conducteurs formés d'une tige ou d'un câble (Faraday) contre les conducteurs tubulaires W. S. Harris ; puis ce furent des théories sur la nature du métal auquel la préférence devait être donnée ; enfin vinrent les études sur les systèmes de pointes susceptibles d'assurer la protection maximum.

Nous allons examiner les plus importantes parmi les questions ainsi soulevées.

Constitution du conducteur. — Ainsi que le rappelle spirituellement M. O.-S. Peters, Faraday, qui basait son opinion pour juger des conducteurs pleins sur la nécessité primordiale d'avoir une haute conductibilité, et Harris qui ne donnait pas de raisons spéciales de sa préférence pour les conducteurs tubulaires, avaient coutume de dire chacun que l'autre ne connaissait absolument rien de la question !

Mais depuis, l'accord paraît s'être fait et les expériences de M. Chavannes ont conduit aux conclusions suivantes :

1° La surface d'un conducteur a autant d'importance que sa section ;

2° La résistance ohmique du conducteur est d'importance secondaire et des interruptions dans la continuité de ce dernier ont peu de conséquence étant entendu que par ces mots « interruptions de continuité » on entend des connexions présentant une assez grande résistance, de mauvais contacts, etc. » ;

3° La self-induction du conducteur doit être aussi petite que possible.

Ainsi que nous l'avons dit précédemment, ces résultats d'expériences ne sauraient constituer un encouragement à établir un paratonnerre sans aucun soin, en se disant « cela marchera toujours » ; mais ils montrent que les défauts attribués à des installations ayant donné lieu à des mécomptes ont presque toujours des causes

Digitized by Google

beaucoup plus complexes et difficiles à déceler qu'une mauvaise construction ou un entretien négligé.

Nature des conducteurs. — On a utilisé surtout : le fer, le cuivre, le fer cuivré et l'aluminium ; les deux premiers ont toujours eu la faveur des constructeurs.

Le fer fut employé dès le début et servit à construire les premiers paratonnerres qui ne semblent pas avoir donné de déboires : il a l'inconvénient de se corroder assez rapidement à l'air.

Le cuivre fut ensuite recommandé à cause de sa faible résistivité et de sa meilleure tenue contre les agents atmosphériques. Mais Lodge, adoptant la théorie suivant laquelle la foudre est une décharge oscillatoire, montra que le fer était supérieur au cuivre précisément à cause de sa plus grande résistivité qui amortirait les oscillations, et diminuerait les phénomènes de self-induction et le danger d'étincelles latérales.

A l'heure actuelle, ces deux métaux, aux propriétés cependant quelque peu contradictoires, sont aussi employés l'un que l'autre. Le fer est plus résistant mécaniquement, son point de fusion est plus élevé et il a suffi de le galvaniser pour éviter les corrosions; des appareils installés depuis quarante ans sont encore indemnes.

Si d'ailleurs on a toujours longuement discuté sur les mérites relatifs du fer et du cuivre, on semble s'être moins préoccupé de la résistance totale du système. Le « Bureau of Standards », qui a fait des recherches dans cette voie, a trouvé que la résistance minimum à laquelle on pouvait prétendre, sans dépense prohibitive, était de 15 ohms ; elle avait été obtenue avec une plaque de terre constituée par une tôle de 16 m² environ de surface posée dans du coke mélangé de sel et copieusement arrosé. Mais dans la pratique il est certain que les terres présentent une résistance plus élevée que cela, et dont la valeur moyenne peut atteindre quelques centaines d'ohms. Il s'ensuit que la résistivité du fer ou du cuivre n'a finalement qu'une importance secondaire.

Nous verrons ultérieurement comment se fait le choix entre les divers métaux possibles dans la pratique où l'on doit faire intervenir d'autres considérations de durée, de prix, etc.

Paratonnerres avec pointes et sans pointes. — Aux États-Unis les systèmes de paratonnerre sont généralement munis de parties terminales aériennes affectant la forme d'une longue tige pointue destinée à recevoir la décharge. En Hongrie, au contraire, on a paru rencontrer plus de succès pour un système dit « contour » consistant en bandes ou fils métalliques épousant les contours des toitures et reliés à plusieurs prises de terre, constituant ainsi une véritable cage de Faraday. Ce dernier système n'est autre, au fond, que celui de Melsens, mais sans les pointes courtes et nombreuses qui le caractérisent ; il lui est donc incontestablement inférieur.

A l'heure actuelle, aucune hésitation n'est possible, la présence de pointes augmente la sécurité et diminue le nombre de certains effets quelquefois difficilement explicables.

Mais doit-on préférer la longue tige du paratonnerre, tel que Franklin l'avait imaginé, ou les tiges multiples de Melsens ?... On peut dire, je crois, que la seconde solution est de plus en plus employée, et je crois personnellement qu'elle constitue le système de protection le plus efficace. La multiplicité des conducteurs assure évidemment une sécurité beaucoup plus grande d'écoulement du fluide vers la terre, mais on peut l'obtenir avec les paratonnerres à longue tige en établissant plusieurs câbles de descente à la terre; en revanche, le remplacement de quelques grandes tiges par une série de petites, moins coûteuses, canalise plus sûrement la décharge, et Melsens précisait la genèse de l'idée qui le guidait par le proverbe classique : Divide ut imperes, diviser pour régner. Son dispositif paraît avoir souvent une action préventive qui assure incontestablement une protection plus efficace.

Isolement entre les paratonnerres et les constructions. — On a discuté autrefois l'utilité de l'emploi d'isolants en verre ou en porcelaine dans les crampons fixant les tiges ou les câbles de terre aux immeubles. Aujourd'hui la question ne se pose même plus et l'on s'est engagé dans une voie diamétralement opposée ; le but du paratonnerre étant, en effet, de recueillir et dissiper l'énergie de la foudre avec le moins de troubles possibles, il faut que ce paratonnerre « draine » l'électricité qui peut se trouver emmagasinée dans les parties métalliques des constructions par exemple.

Or, comme ces parties métalliques (poutres, chéneaux, gouttières, etc.), ne peuvent être elles-mêmes isolées, on diminuerait l'efficacité d'un paratonnerre en l'isolant ; en outre, étant donné la très haute tension de la décharge, les isolateurs ordinaires seraient immédiatement percés.

Aussi a-t-on soin de relier le paratonnerre à toutes les masses métalliques un peu importantes de l'immeuble.

V. — **Constitution générale des paratonnerres.** — Choix du métal. — Quel que soit son système, la qualité primordiale d'un paratonnerre pour un propriétaire est sa durée; il doit donc pouvoir « vivre » une quarantaine d'années sans avoir besoin de grosses réparations, au même titre que l'immeuble qu'il protège. Pour cela il faut que le métal qui le constitue puisse résister victorieusement à la corrosion soit de l'atmosphère, soit du sol.

Il faut, en outre, que le métal choisi ait une résistance suffisante ; de plus, nous avons vu précédemment que les questions de résistivité et de point de fusion sont loin d'être négligeables ; enfin, le choix se trouve limité par les raisons économiques : prix d'achat et facilité de travail.

Ces différents desiderata, d'importances sensiblement équivalentes, limitent le choix entre trois métaux :

Digitized by Google

cuivre, aluminium, fer. Examinons donc successivement les propriétés de ces trois élus.

Cuivre. — Il a été et est resté le métal le plus employé, quoique le fer lui paraisse supérieur d'après les théories de Lodge ; il est facile à travailler ; il résiste bien aux agents atmosphériques : dans l'air sec, il ne subit aucune altération, et s'il s'oxyde à l'air humide, la mince couche de carbonate basique de cuivre dont il se recouvre le protège contre une corrosion ultérieure plus profonde. En revanche, il est vivement attaqué par l'acide nitrique, l'ammoniaque, le chlore, le soufre.

Aluminium. — Au point de vue conductivité, dans la question qui nous intéresse, l'aluminium est sensiblement équivalent au cuivre ($2{,}83 \times 10^{-6}$ ohms au lieu de $1{,}72 \times 10^{-6}$ ohms à 20° C) ; on le travaille assez facilement et on peut lui donner la rigidité qui lui ferait peut-être un peu défaut en le forgeant et le laminant. On fait d'ailleurs aujourd'hui des alliages de ce métal très résistants. Son point de fusion est plus bas que celui du cuivre (658° C au lieu de 1083° C).

Il ne s'altère pas à l'air sec, et à l'air humide la couche d'alumine dont il se recouvre constitue une gaine protectrice. L'ammoniaque agit sur lui de façon analogue ; quant aux vapeurs sulfureuses de certaines fumées elles ne l'attaquent pas.

Mais il est fortement électropositif et le contact avec un autre métal produit immédiatement une action galvanique. Si on en fait usage dans la construction d'un paratonnerre, celui-ci devra donc être entièrement constitué de ce seul métal, à l'exclusion de tout autre.

Fer. — Sa propriété principale, parmi celles qui intéressent plus particulièrement l'application que nous avons en vue, est d'être très magnétique en présence de courants à haute fréquence, mais de basse densité ; cette propriété est importante, car les effets relatifs de surface pour diverses fréquences sont plus considérables pour le cuivre et l'aluminium. Cependant les effets redeviennent à peu près les mêmes pour ces trois métaux, si la densité de courant augmente.

La résistivité du fer est égale à six fois celle du cuivre, mais peut atteindre sept fois et demie (et même douze avec l'acier), selon sa composition chimique, ses conditions physiques, la densité du flux magnétique, etc. Son point de fusion est plus élevé que celui de ses deux concurrents : 1530° C.

Pour résister à l'oxydation, le fer doit être galvanisé ; si cette opération est faite soigneusement, le paratonnerre durera indéfiniment, à moins qu'il ne se trouve exposé à des gaz ou produits chimiques attaquant le zinc. Toutefois la partie en terre résiste toujours mal et l'on est généralement amené à faire la ligne de terre en câble ou ruban de cuivre, réservant le fer pour la partie exclusivement aérienne.

Lequel des trois métaux paraît-il justifier une préférence ?... La question de la chaleur développée au moment où le paratonnerre est frappé par la foudre ne saurait intervenir car nous avons montré que, sauf des cas extrêmement rares, la température n'atteint pas une valeur suffisante. Par suite, les chaleurs spécifiques et les points de fusion des trois métaux ne sont pas à prendre en considération, sauf peut-être à l'endroit même où la décharge touche la tige, c'est-à-dire généralement à la pointe. L'aluminium seul, à la rigueur, serait plus sujet à caution à cause de son point de fusion assez bas.

Pour la résistance mécanique, cuivre, aluminium et fer sont bien près les uns des autres, surtout si les deux premiers sont soumis à un traitement mécanique approprié.

Quant à la façon de se comporter sous l'influence de courant à haute fréquence, le fer prend nettement l'avantage si l'on admet, bien entendu, que la résistance est désirable pour amortir les oscillations ; il ne faut pas oublier cependant que la résistance de la connexion à la terre est généralement d'un ordre de grandeur telle que la résistance à haute fréquence du paratonnerre en fer est en comparaison très petite.

En ce qui concerne les coefficients de dilatation, le fer a encore l'avantage en regard d'un désavantage marqué pour l'aluminium. Enfin pour le prix de revient du paratonnerre, mis en place, on ne peut dire vraiment que l'un des trois métaux permette un prix sensiblement plus bas que les deux autres.

Seule donc, finalement, la résistance à la corrosion doit déterminer le choix à faire ; ici le cuivre l'emporte nettement, malgré qu'il soit parfois détruit avec une rapidité déconcertante dans certains sols. On réservera le fer et surtout l'aluminium pour certains cas spéciaux où le cuivre paraîtrait devoir être attaqué trop facilement.

AGENCEMENT DES PARATONNERRES. — La construction d'un paratonnerre soulève dans l'application pratique une série de difficultés que nous examinerons ultérieurement en détail, mais dont il faut dès maintenant donner les solutions de principe.

Trois points délicats, en dehors du choix de métal, doivent retenir l'attention du constructeur :

1° Les jonctions et les attaches ou modes de fixation ;

2° La protection contre la corrosion ;

3° La forme de la tige et du câble de mise à la terre.

Jonctions. — On devra tout d'abord éviter d'une façon absolue de placer en contact deux métaux de séries électromotrices opposées, par exemple : zinc et cuivre, cuivre et fer, etc., sans prendre les plus grandes précautions pour protéger la jonction contre l'humidité afin de prévenir la corrosion électrolytique.

On veillera à ce que les câbles de descente, ou de mise à la terre, soient maintenus par des colliers de même métal ; en fixant un câble de cuivre avec des crampons galvanisés, on constatera qu'au bout de deux ou trois ans au plus les crampons seront complètement rongés et le câble se détachera de l'immeuble.

D'autre part, tout joint ou accouplement doit assurer un contact électrique aussi parfait que possible et permanent. De mauvaises jonctions, en nombre assez grand, peuvent causer la fusion du paratonnerre ; si en

Digitized by Google

outre leur résistance mécanique est insuffisante, on court le risque de voir le câble se couper ou se séparer de la tige, sous l'effet d'un coup de foudre.

Le système qui paraît le plus recommandable, tant au point de vue d'un bon contact, que de sa résistance mécanique et de sa facilité d'exécution, est le *joint à vis* en laiton ou en bronze qui ne se corrode pas, même au contact du fer, et est d'ailleurs d'un emploi courant. Pour les câbles, il est recommandable d'avoir exclusivement recours aux épissures soudées.

La tige doit être solidement fixée à l'immeuble ; le mode de fixation varie évidemment selon le genre de la construction, et il est difficile ici de donner des conseils ; mais nous rappellerons ce que nous venons de dire concernant les métaux de séries électromotrices différentes et les phénomènes électrolytiques qu'ils provoquent fatalement.

Protection contre la corrosion. — Elle est souvent difficile à assurer, notamment quand il s'agit de paratonnerres établis sur des cheminées. Cependant, dans ce dernier cas, en particulier, on a reconnu que le plomb était fort peu sensible à l'action des fumées ; on constituera donc le paratonnerre en cuivre recouvert d'une couche de protection de plomb. Il se produit bien au début entre les deux métaux une action électrolytique, mais elle s'arrête bientôt par suite de la formation parallèle de composés à peu près insolubles.

Tige et câble de mise à la terre. — Deux opinions nettement opposées sont en présence : d'une part, la majorité des constructeurs qui estiment que la résistance à haute fréquence doit être aussi petite que possible ce qui conduit, à cause des effets de surface, à des tiges de grande section creuses, donc peu solides ; d'autre part, Sir Oliver Lodge pense qu'il est préférable d'avoir une grande résistance afin d'amortir les oscillations électriques, d'où un paratonnerre cylindrique plein.

Les mêmes idées sont appliquées en ce qui concerne le conducteur, et elles ont conduit à l'utilisation d'un ruban, d'un câble à plat, de conducteurs câblés creux, etc. Ce sont là des systèmes qui en pratique n'ont aucune supériorité.

On pourra donc prendre une tige pleine, (cylindrique ou étoilée) et comme mise à la terre un câble ordinaire de cuivre, ou du ruban, suivant les facilités de pose.

VI. — **Les prises de terre**. — La connexion au sol d'un paratonnerre est d'une importance capitale et exige que le constructeur y apporte tous ses soins ; la question des prises de terre mérite donc une étude approfondie.

La première condition à remplir pour avoir une bonne terre est une *humidité permanente* ; celle-ci peut se rencontrer à quelques mètres au-dessous de la surface du sol, comme parfois aussi on ne la trouve qu'à une grande profondeur ; souvent même elle varie en profondeur suivant la saison.

On aperçoit déjà là l'une des difficultés à résoudre ; nous en aurons montré la valeur en faisant remarquer qu'il ne faut pas toujours considérer une nappe d'eau comme constituant cette humidité permanente, condition sine qua non d'une bonne terre, car la nappe peut se réduire à une simple poche, et si celle-ci s'est formée dans du roc granitique, par exemple, ou dans un terrain non poreux, elle sera relativement isolée et pourra présenter une résistance de plusieurs milliers d'ohms.

Si le terrain imperméable se rencontre à une certaine distance de la surface du sol, la couche d'humidité permanente est généralement en dessus de la couche imperméable, et il arrive fréquemment qu'il suffit d'enfoncer une tige à quelques 6 à 10 m de profondeur, et en tout cas au-dessous des fondations de l'immeuble, pour obtenir une terre satisfaisante ; quelques tiges ou tubes de ce genre permettent d'obtenir une résistance comparable à celles des plaques et avec un prix de revient bien moindre.

On a quelquefois préconisé une terminaison des câbles ou tiges de mises à la terre en forme de pointes unique ou multiples, celles-ci devant faciliter le passage de la décharge dans le sol ; on a défendu ce dispositif au moyen des arguments qui ont conduit à l'adoption de pointes pour les terminaisons aériennes. Il ne semble pas cependant qu'aucune assimilation puisse être faite, à cause de la différence essentielle des deux milieux : air et sol. Dans l'air, en effet, la décharge se produit à travers un gaz ionisé et les pointes favorisant l'ionisation sont évidemment recommandables ; mais dans la terre qui est un conducteur électrolytique il n'en est plus de même ; la pointe dans le sol n'est certainement pas nuisible, mais elle n'apporte rien à l'efficacité du paratonnerre.

Si l'on rencontre près de la surface du sol, un banc rocheux, la couche d'humidité permanente est généralement en dessous et par suite difficile à atteindre ; si l'on était alors conduit à l'obligation d'entreprendre des travaux de forage trop coûteux, on pourrait fort bien s'en dispenser en creusant simplement une tranchée aussi profonde que la roche le permettrait et en y enterrant une barre de cuivre ou de fer galvanisé ; le mieux serait même d'avoir une tranchée et une barre continue tout autour de l'immeuble et d'y connecter toutes les descentes de paratonnerres, car, dans ce cas, sans qu'il soit possible d'indiquer la surface à couvrir par un semblable réseau, on peut dire que la plus grande sera la meilleure. Il faudra se méfier des actions électrolytiques aux points de connexion et pour cela on pourra utilement noyer ces points dans du béton.

Les conduites d'eau passant dans le voisinage immédiat de l'immeuble seront utilement reliées avec le paratonnerre, mais on se gardera bien d'en faire autant avec les canalisations de gaz et on devra même s'en éloigner le plus possible ; si cependant on ne pouvait s'en éloigner suffisamment, il serait préférable de les relier au câble de mise à la terre, à la condition de mettre également à la terre en plusieurs points, les conduites de l'immeuble, le compteur, etc...

La partie des tiges de descente qui est enfoncée dans le sol devra avoir un diamètre beaucoup plus gros que

Digitized by Google

la partie aérienne, pour compenser les corrosions inévitables. En outre, on devra éviter soigneusement le contact de la prise de terre avec les fumiers, purins, etc. soit par un drainage, soit par une gaine de béton descendant à 1 m au-dessous de la surface du sol et le dépassant de 45 à 50 cm, de façon à envelopper le dernier joint aérien.

Une seconde condition que doit remplir une bonne terre est de présenter une résistance aussi faible que possible ; la résistance minimum sera toujours d'ailleurs de plusieurs ohms et ajoutée à la résistance propre du paratonnerre proprement dit, elle fournira une résistance totale suffisante pour amortir les oscillations de la décharge. Plus petite sera la résistance de la terre, moins la chute de potentiel de la décharge sera considérable ; or avec un courant de 25 000 A et une résistance de 15 ohms par exemple, on aura une chute de potentiel de 375 000 V qui est déjà excessive. Mais malheureusement, il arrivera souvent qu'on ne pourra abaisser la résistance de la connexion à la terre au-dessous de 15 ohms, tout au moins sans dépenses trop importantes ; dans ce cas alors il faudra se méfier des « décharges de côté » et ne pas placer les paratonnerres à proximité de pièces métalliques auxquelles ils ne seraient pas reliés.

En cherchant à obtenir une terre de résistance aussi petite que possible, on se souviendra des résultats suivants qui découlent de l'expérience ou du calcul : 1° si on augmente le diamètre de la tige pénétrant dans la terre, on réduit évidemment la résistance, mais la diminution n'est pas proportionnelle ; en doublant, par exemple, le diamètre, la résistance ne s'abaisse que d'un quart, ce qui permettrait de dire que la diminution obtenue est égale à l'inverse du carré du diamètre sans que cependant cette loi soit mathématique ; 2° la résistance d'un certain nombre de connexions à la terre, toutes identiques et placées à 5 ou 6 m au moins l'une de l'autre, est approximativement inverse du nombre de prises de terre ; 3° la variation de la résistance en raison de la longueur de tige enfoncée en terre suit une loi logarithmique au delà d'une valeur de plusieurs mètres ; ainsi, on peut admettre qu'en augmentant la longueur de 5 à 6 m la résistance décroît de 1 6, en l'augmentant de 6 à 7 m, elle décroît de 1 7, etc.

A quelle résistance minimum peut-on prétendre couramment ?... Creythgon a trouvé que la résistance d'une connexion unique faite avec des tuyaux d'un pouce, enfoncés d'au moins 6 à 8 pieds dans un terrain d'humidité normale, variait de 15 à 50 ohms, et que 8 ohms constituaient un chiffre exceptionnel ; dans le même terrain, mais très sec, la résistance a pu atteindre plusieurs centaines d'ohms.

Pour assurer une humidité suffisante, on a quelquefois recommandé d'arroser la terre avec une solution de chlorure de sodium ; on réduit bien ainsi la résistance, mais l'effet obtenu ne dure pas et le remède est finalement pire que le mal car on provoque ainsi des corrosions et, en outre, on compte sur l'efficacité d'une terre qui, en réalité, ne tarde pas à devenir mauvaise. Il faut donc renoncer à cette pratique et se contenter d'augmenter le nombre des prises de terre.

Quand on établit un paratonnerre, si le temps est humide, la saison pluvieuse, on doit exiger une résistance de quelques ohms seulement, 2 à 3 tout au plus ; au contraire, si le sol est très sec, on peut se contenter de 15 à 20 ohms.

Comment mesurer ces résistances ? La méthode la plus pratique est la méthode classique du pont de Wheatstone appliquée à trois terres, deux dont on est assuré de l'efficacité et celle à mesurer ; toutefois, il faut avoir soin que ces trois terres soient distantes l'une de l'autre de 25 à 30 m au moins. Soient alors R_1, R_2, R_3 les résistances des trois terres et appelons A, B, C, les résistances de ces mêmes terres en série deux à deux : $R_1 + R_2 = A$, $R_1 + R_3 = B$, $R_2 + R_3 = C$. On en tire très facilement si R_1 est, par exemple, la résistance à mesurer : $R_1 = \frac{A - C + B}{2}$. Le résultat obtenu n'est pas d'une exactitude absolue mais est cependant suffisamment approché (1).

VII. — **Les terminaisons aériennes**. — Les opinions des techniciens sur l'efficacité et le rôle des pointes dans les paratonnerres diffèrent beaucoup plus qu'on ne pourrait le croire tout d'abord. Aux États Unis, on constate la prédominance de la grande tige, alors qu'en Autriche on trouve le système Contour sans aucune pointe et que, dans d'autres contrées, on applique le système Melsens qui n'est, en somme, que l'amalgame des deux précédents.

Le système dit « Contour » montre que l'emploi des terminaisons aériennes en forme de pointes n'est nullement indispensable, et certains auteurs ont même considéré que les paratonnerres à pointes étaient plutôt désavantageux parce qu'ils augmentaient la chance pour un immeuble d'être frappé par la foudre ; ceci résulte de l'influence connue et des pointes découle non seulement de données expérimentales qu'on a pu recueillir, mais aussi des effets classiques concernant l'introduction de pointes acérées dans des étincelles de décharges. Or, si l'on augmente la chance pour un immeuble d'être frappé, on augmente évidemment ses risques si parfait que soit le paratonnerre destiné à le protéger.

En revanche, si l'accumulation d'électricité statique est longue à se former, une quantité très appréciable peut être déchargée grâce aux pointes sous la forme de décharges en aigrettes, d'où diminution certaine de la violence du coup de foudre, si même celui-ci n'est pas complètement empêché. C'est le fait observé et décrit par Franklin lors de ses expériences célèbres.

Un autre avantage des pointes réside dans l'effet directeur que le courant d'air ionisé produit autour d'une pointe pendant une décharge d'électricité statique, qui a pour résultat d'amener un trait de foudre à suivre un chemin conduisant à cette pointe au lieu de la ligne naturelle de plus grande chute de potentiel. Il s'ensuit qu'autour d'une tige existe une aire de protection dans la-

(1) Voir *R. G. E.*, 22 décembre 1917, p. 969.

Digitized by Google

quelle la foudre frappera la tige de préférence aux autres objets.

Ce que nous venons de dire suffit à montrer qu'aucun calcul ne pourra permettre de déterminer cette aire de protection, dont la valeur dépend de la forme des toitures, de la vitesse et de la direction du vent au moment du coup de foudre, etc. Cependant, la Commission chargée d'étudier les conditions d'établissement des paratonnerres sur les édifices municipaux de la Ville de Paris, indiqua dans sa séance du 20 mai 1875 que l'aire de protection semblait pouvoir être admise comme étant comprise à l'intérieur d'un cône ayant la pointe pour sommet et un rayon de base égal à 1,75 fois la hauteur de la pointe au-dessus du sol.

Enfin, un dernier argument en faveur des pointes, c'est qu'elles servent à recevoir la décharge et s'il y a fusion, celle-ci ne peut empêcher la continuité du conducteur, comme cela peut être le cas dans le système Contour.

La conclusion est donc nette : les terminaisons aériennes en forme de pointes offrent des avantages qui l'emportent de beaucoup sur les inconvénients et doivent par suite être adoptées.

Deux types sont couramment utilisés : les grandes tiges et les pointes multiples, ces dernières particulières au système Melsens.

Les grandes tiges ou pointes simples peuvent être creuses ou pleines ; les pointes creuses ne sont pas très recommandables parce qu'elles sont souvent fondues ; il faut donner, comme nous l'avons dit précédemment, la préférence aux pointes pleines. Elles sont généralement en cuivre, en bronze, quelquefois en nickel ; souvent on platinise le bout pour éviter les corrosions ; c'est cependant un luxe inutile ; le nickel remplit le même but beaucoup plus économiquement ; il ne faut pas croire, en effet, qu'en platinisant on évite la fusion ; il faudrait, en effet, une quantité de platine telle que la dépense serait prohibitive.

Les pointes multiples composées de 5 à 12 petites tiges courtes montées autour d'un centre commun fondent rarement parce qu'elles se partagent la décharge.

Quelle longueur doit-on donner aux petites tiges ?... Ici, la pratique — c'est-à-dire l'habitude voisine de la routine — indique 1,25 m à 1,50 m pour les toits plats, 0,30 m pour les toitures en forme de clochetons, 0,40 m à 0,50 m pour les cheminées.

Etant donné qu'on ne peut déterminer que très grossièrement et en tout cas sans aucune certitude l'aire de protection d'une tige, on est amené à placer des terminaisons aériennes sur toutes les cheminées, sur les pignons et en général sur toute saillie verticale un peu sérieuse de l'immeuble ; le long des faîtes il paraît désirable de ne pas espacer les tiges de plus de 7,50 m. Sur de larges toitures plates, on recommande de placer des terminaisons à l'intersection de lignes à angle droit l'une avec l'autre et formant un carré de 15 m de côté au maximum.

Sur les toits métalliques, les terminaisons devront être reliées avec lui de façon que le tout soit à la terre, comme d'ailleurs toutes les pièces métalliques un peu importantes de la construction.

Sur les cheminées d'usines en brique, ciment, etc., M. Peters recommande de former la terminaison non pas avec plusieurs tiges, mais en plaçant sur le sommet tout entier une cage hémisphérique ou conique en métal recouvert de plomb ; en effet, la foudre montrant une forte tendance à suivre les courants de fumée, elle peut fort bien ne pas toucher un anneau formé de quelques tiges ordinaires.

Quant aux conducteurs reliant les terminaisons au sol, ils devront être au minimum de deux, et plus on pourra en installer mieux cela vaudra ; en effet, on diminuera ainsi l'induction, on augmentera la capacité et on aura moins à redouter le danger d'oscillation ; la chute de potentiel entre la tige et le sol sera plus petite.

VIII. — **Installation des paratonnerres.** — Les diverses autorités scientifiques et les organisations techniques d'Angleterre, d'Allemagne, des États-Unis, etc., ont adopté un certain nombre de règles ou édicté des recommandations concernant l'installation des paratonnerres, qu'il est bon de connaître car elles constituent en quelque sorte le code du constructeur. Nous allons donc les résumer en essayant de les mettre en concordance.

Une remarque sur les effets de la foudre a conduit à répartir les coups de foudre en deux catégories : la première catégorie comprend ceux du type simple qui peuvent être empêchés, ou tout au moins diminués en violence, par des décharges silencieuses sur des pointes, et dont la trajectoire est ainsi préparée d'avance : un paratonnerre à tiges protège très efficacement contre ce danger. La seconde catégorie comporte des décharges soudaines disruptives qui frappent n'importe où, souvent à plusieurs endroits à la fois, sans paraître avoir de préférence pour les pointes ; la seule protection contre elles consiste à enfermer la maison dans un cadre métallique réalisant une véritable cage de Faraday.

La conclusion est dès lors facile à tirer : le système de protection le plus complet est le système Melsens ; il sera d'ailleurs d'autant plus simple à réaliser que l'on doit toujours relier aux câbles de terre les tuyaux de descente des gouttières, les chéneaux, faîtages métalliques, etc., qui constitueront ainsi une partie importante de la « cage ».

Il ne faut jamais compter sur de grands arbres, un clocher, etc. situés dans le voisinage comme moyen de protection ; on sait, en effet, qu'une décharge est très rarement solitaire, suivant une trajectoire simple, mais qu'au contraire tous les points situés alentour peuvent être frappés par des décharges subsidiaires.

Les conducteurs doivent être en ruban de cuivre d'au moins 20 à 25 mm, ou bien en câble composé de 7 brins de 3 mm en cuivre ou fer doux galvanisé. Ces dimensions sont des minima et l'on devra se tenir bien en dessus pour les parties inaccessibles ou exposées à la corrosion. Quoique le cuivre soit préférable pour sa meilleure résistance à la détérioration, le fer est plus

Digitized by Google

recommandable parce qu'il évite les décharges à effet disruptif. D'ailleurs on peut toujours peindre les conducteurs sans craindre de leur enlever de leur efficacité.

On doit diriger les conducteurs vers le sol en ligne aussi directe que possible en évitant les angles et les jonctions ; en les tenant assez éloignés des murs on pourra avoir des courbes au lieu d'angles aux changements de direction. De préférence on les fera descendre le long de la partie du bâtiment qui est la plus exposée à la pluie. Enfin on peut fort bien, pour éviter les brusques changements de direction, faire passer un conducteur à travers la saillie d'une corniche par exemple, il suffit que le trou soit assez grand pour que le conducteur puisse se dilater librement.

Au niveau du sol, les conducteurs seront protégés mécaniquement par des tuyaux de fonte montant à 1,50 m de hauteur et aménagés de façon à être étanches aux endroits où les conducteurs pénètrent dans la terre.

Une bonne précaution pour empêcher la corrosion chimique de la partie souterraine des conducteurs consiste à les poser dans un conduit en bois rempli de bitume.

En dehors des parties métalliques extérieures du bâtiment, on reliera aux conducteurs les masses métalliques importantes de la construction (grosses poutres des planchers, escaliers, charpente) ainsi que les horloges, cloches, etc. ; s'il y a quelques difficultés pour ces dernières, on constituera autour un véritable écran de conducteurs reliés aux prises de terre.

Il faudra se tenir à au moins 3,50 m des tuyaux de gaz, compteur, etc.

Les joints doivent être soudés ou vissés ; un excellent système si l'on se sert de câble consiste dans l'emploi des raccords olives d'un usage courant dans la construction des réseaux électriques ; ils sont commodes et d'une sécurité absolue à condition de les remplir de soudure une fois la jonction faite.

Les tiges seront en cuivre massif ou en fer galvanisé, de grande section et fixées au moins à 2,50 m au-dessus de la portion du bâtiment à laquelle elles sont attachées ; dans le cas de tuyaux de cheminées, il faut les faire dépasser de 0,30 m au moins au-dessus de la plus haute cheminée du groupe. Elles doivent être munies de trois ou plusieurs pointes vissées ; si ces dernières font partie d'une masse de fonte, celle-ci devra être pleine ou remplie de soudure. Le mieux consiste à placer à 1,30 m plus bas que le sommet de la tige, un anneau vissé et soudé et dans lequel sont fixées trois ou quatre pointes acérées. Toutes les tiges doivent être reliées ensemble par des conducteurs horizontaux.

Les crampons de bronze ou de laiton sont seuls acceptables avec les conducteurs en cuivre, les crampons en fer malleable pour les conducteurs en fer galvanisé.

Il est bon de munir un bâtiment d'au moins deux tiges, les cheminées ou groupes de cheminées (principalement celles des cuisines) doivent avoir leur pointe, les colonnes de fumée étant une trajectoire favorite de la foudre.

Quoique ne constituant pas forcément la meilleure, la prise de terre au moyen d'une plaque de cuivre ou de fer galvanisé enterrée dans la terre humide est très fréquemment employée, on aura toujours au moins deux prises de terre, une de chaque côté du bâtiment ; pour les clochers, tours, cheminées d'usines, il sera même bon de les relier entre elles dans le sol ; c'est d'ailleurs là un système toujours recommandable et qui ne souffre aucune exception. La surface minimum de la plaque de terre est de 1 m² avec une épaisseur de 3 à 4 mm ; la forme rectangulaire est généralement la meilleure ; les angles en seront biseautés ; on la recouvre de coke soigneusement lavé, ou de préférence de charbon de bois, de charbon pulvérisé, etc... On apportera enfin la plus grande attention à la connexion entre cette plaque et le conducteur.

La prise de terre tubulaire est plus recommandable que la plaque, surtout si l'on n'est pas certain que la terre sera toujours suffisamment humide ; on la constitue au moyen d'un tuyau perforé muni d'une pointe d'acier absolument analogue à celui dont on se sert pour les « puits instantanés » ; on l'enfonce au mouton puis on y fait descendre le conducteur et on remplit de charbon granulé ; une dérivation prise sur une descente de gouttière voisine permet de donner l'humidité suffisante. Enfin, une conduite d'eau sous pression, constamment en service constitue généralement une excellente terre.

La résistance d'une connexion à la terre ne devrait pas dépasser 5 ohms ; on doit ménager un joint spécial près du sol permettant d'isoler tout le système aérien de la prise de terre et de faire ainsi la vérification de la prise de la terre ; cet essai doit être renouvelé au moins une fois par an.

Lorsque des conducteurs sont amenés à suivre des faîtages horizontaux d'assez grande longueur, on doit les munir tous les 8 à 10 m d'aigrettes.

Pour les cheminées d'usines, on recommande, en Angleterre, l'usage d'une bande circulaire placée un peu au-dessous de la sortie et munie de pointes assez longues inclinées à 45° vers l'extérieur, ou bien un arc métallique muni de pointes placé en travers de la gueule.

IX. — **Quelques cas spéciaux de protection.** — Quelques cas spéciaux ont paru assez délicats à résoudre pour mériter des indications complémentaires particulières.

Mines. — On a constaté des explosions causées par des étincelles d'électricité atmosphérique amenée à l'intérieur de la mine par les câbles d'extraction et les rails des voies des galeries ; il s'ensuit que les treuils, leurs pylônes, etc., doivent être protégés.

Réservoirs a huile. — Très nombreux dans les régions pétrolifères, ils sont extrêmement difficiles à protéger parce que généralement construits tout entiers en métal.

Digitized by Google

M. Peters indique cependant la méthode suivante qui paraît avoir donné d'assez bons résultats : un premier conducteur est placé à la partie supérieure du réservoir et tout autour de façon à former un cercle ; deux autres conducteurs sont disposés diamétralement en travers et à angle droit et leurs extrémités sont réunies au sol. La prise de terre doit être faite au-dessous du niveau auquel l'huile a pénétré et en tout cas à au moins 4,50 m de profondeur. Partout où les conducteurs se croisent, il faut les réunir et placer une terminaison aérienne ; de même une terminaison aérienne doit être disposée à 1 m au-dessus du tuyau d'air, qui sera lui-même recouvert ultérieurement de toile de cuivre.

Animaux au paturage. — Le nombre de bêtes foudroyées est tel dans certaines régions qu'on devrait chercher à remédier à ces accidents, ce qui est d'ailleurs facile.

En effet, il est rare qu'un animal soit tué directement, à moins qu'il ne soit sous un arbre ; en général le bétail pendant les orages a tendance à venir contre les clôtures et celles-ci étant fréquemment frappées, la décharge suit les fils de fer et vient tuer les animaux à une distance souvent assez grande.

Un dispositif de protection à la fois simple et très efficace est le suivant : tous les 50 m, si le terrain est très sec, tous les 100 m s'il est humide, on relie les fils de la clôture à une prise de terre constituée par un tube de fer galvanisé enfoncé de 1,50 m à 1,75 m dans le sol ; en outre, tous les 300 m on crée une solution de continuité dans la clôture métallique en y insérant des morceaux de bois de 1 m de longueur ; de cette façon si la foudre frappe une section de la clôture, elle se trouve confinée dans cette section même si la résistance des prises est haute.

Quant aux arbres, sous lesquels les bêtes ont tendance à se mettre à l'ombre, il suffit pour en diminuer le danger d'entourer le tronc à hauteur des premières grosses branches d'un conducteur relié au sol, et d'étendre d'autre part ce conducteur jusqu'au sommet de la branche la plus élevée. Ce dispositif est simple, peu coûteux et rendra de grands services lorsqu'il s'agira d'arbres isolés dont le voisinage est fréquemment frappé par la foudre.

IX. — **Conclusions**. — En résumé, et pour enlever aux notes qui précèdent ce qu'elles pourraient avoir de confus, on peut dire qu'à l'heure actuelle, d'après les précieux renseignements rassemblés par M. Peters, la technique de la foudre et du paratonnerre paraît susceptible de se codifier de la façon suivante :

1° La plus grande partie des dommages est supportée par les propriétés rurales et les habitants des campagnes.

2° Les paratonnerres réduisent les risques d'incendie par la foudre de 80 à 90 pour 100 pour les maisons et de 99 pour 100 pour les fermes ; ces dernières sont frappées beaucoup plus fréquemment que les immeubles ordinaires (rapport de 1 à 4).

3° La plupart des accidents qui se produisent malgré la présence d'un paratonnerre proviennent de ce qu'on a négligé de le relier aux masses métalliques situées à proximité. Quand ces masses font partie du système, le danger de voir la foudre abandonner le paratonnerre pour pénétrer dans l'immeuble est presque nul.

4° La résistance d'un paratonnerre par rapport à la terre étant toujours très petite, la résistivité du métal employé a peu d'influence ; en tout cas, la différence de résistivité entre les divers métaux susceptibles d'être utilisés est trop peu importante pour déterminer une préférence à un métal plutôt qu'à un autre.

5° Le paratonnerre à petites pointes multiples (Contour ou Melsens) est nettement supérieur au paratonnerre à grande tige, à tous points de vue ; il a une plus grande résistance mécanique, attire moins les coups directs, est moins coûteux d'établissement, plus sûr comme protection, etc.

6° L'intensité du courant de la décharge peut dépasser 20 000 A sous 500 000 V, avec une fréquence 100 000 à 500 000 p : sec.

7° La décharge est toujours formée d'une série de décharges partielles d'une durée de quelques cent millièmes de seconde, séparées par des intervalles de quelques millièmes à un ou deux dixièmes de seconde ; la décharge complète peut durer de quelques millièmes de seconde à une demi-seconde au plus.

8° La décharge donne naissance à des phénomènes tout à fait analogues à ceux des courants de très haute fréquence et d'une longueur d'onde si rapidement amortie que pratiquement on peut la considérer comme unidirectionnelle.

9° La trajectoire de la foudre peut être déviée par le vent, parfois sur une distance d'une dizaine de mètres.

10° Les effets calorifiques sur une tige pesant au moins 500 g par mètre ne sont pas appréciables, sauf au point où le courant entre dans le paratonnerre.

11° Les corps bons conducteurs paraissent plus fréquemment frappés par la foudre que les corps isolants, sans qu'il soit cependant possible de rien affirmer de précis à ce sujet.

12° Quand une maison non protégée est directement frappée par la foudre, les personnes qui s'y trouvent ont environ 50 pour 100 de chances d'être tuées ou blessées.

13° Les métaux commercialement convenables pour l'établissement des paratonnerres, sont : l'aluminium, le cuivre, le fer ; on doit surtout rechercher un métal résistant bien aux corrosions (atmosphérique et terrestre) ; pour répondre à ce desideratum, le fer doit être galvanisé. Pour éviter la corrosion par la fumée, le seul procédé vraiment certain consiste à recouvrir les tiges de plomb.

14° Il ne faut pas poser en principe qu'un paratonnerre défectueux est un danger ; il vaut généralement mieux avoir un paratonnerre défectueux que rien du tout.

15° Il paraît recommandable de faire usage de tiges à section étoilée et de câbles de terre en cuivre ou en fer

Digitized by Google

galvanisé. On devra toujours avoir plusieurs connexions à la terre.

16° Les prises de terre devront s'étendre dans le sol à une profondeur d'au moins 2 à 3 m, et en tout cas au-dessous des fondations de l'immeuble. Leur résistance doit être aussi basse que possible; on considère comme très grande une résistance de 15 à 20 ohms.

17° Les cheminées, les pignons, toutes les saillies d'un immeuble doivent être munis de pointes; il n'est pas possible de déterminer avec certitude le rayon de la zone de protection d'une tige, on ne peut affirmer qu'une chose : c'est qu'une tige ne protège en toute confiance que l'objet au-dessus duquel elle est placée.

18° Les frais d'établissement d'un paratonnerre et ses frais d'entretien sont généralement plus élevés que le risque d'incendie qu'ils couvrent; sauf quelques cas spéciaux, l'assurance sera moins coûteuse. Mais la protection est justifiée par le risque de vies humaines.

Ach. DELAMARRE.

Revues, analyses et informations

Etude des remous et de leur influence sur la construction des barrages mobiles (1).

Dans une longue introduction, l'auteur expose l'état de la question des barrages mobiles en Suisse : leur construction a été très étudiée et mise au point, mais on s'est moins préoccupé de leur rendement en service. En particulier, l'action des courants sur le barrage lui-même, sur le lit et les rives du cours d'eau, a été à peine signalée.

La formation des remous est due à la vitesse de l'eau, mais leur forme est soumise à diverses influences que des expériences bien conduites doivent pouvoir déceler et séparer nettement. Or jusqu'ici les constructeurs se sont contentés d'hypothèses toutes faites, pour la vérification desquelles le temps a manqué : aussi, les premiers barrages mobiles imitaient-ils simplement les formes des barrages fixes; on a fini par reconnaître que c'était une erreur.

D'une façon générale, on s'est contenté, jusqu'ici, de réparer les dégâts produits par les remous, sans chercher à les prévenir. Cette étude a pour but de comparer les nouvelles expériences avec d'autres plus anciennes, et d'en tirer des conclusions utiles au développement de l'industrie des barrages mobiles. La question à résoudre est celle-ci : comment faut-il construire le barrage pour réduire au minimum les frais de construction et d'entretien ?

FORMATION DES REMOUS. — La construction d'un barrrage modifie le cours d'eau par immersion des régions situées en amont et par affouillement du lit d'aval. Des remous se produisent tant au-dessus qu'au-dessous du barrage. Les premiers sont à surveiller, mais n'atteignent jamais l'importance des seconds qui peuvent, s'ils ne sont pas combattus, arriver à compromettre la solidité de l'ouvrage. L'importance des remous dépend des facteurs suivants : débit maximum de la chute, régime du cours d'eau (glaciaire ou alluvionnaire), largeur et pente du bief aval, nature du lit de la rivière, etc. Il est à peu près impossible de dégager l'influence propre de chacun de ces facteurs. On peut au contraire agir facilement et efficacement sur les facteurs suivants : différence de niveau entre les deux biefs, disposition générale de l'installation (choix de l'emplacement, etc..), mode de construction du barrage, organisation des travaux d'entretien.

Enfin il y a lieu d'envisager les points particuliers suivants pour les barrages fixes : forme de la digue, forme du seuil et du déversoir, hauteur du seuil par rapport au niveau d'aval ; pour les barrages mobiles : hauteur et forme du seuil et du déversoir, construction et fonctionnement des parties mobiles.

L'auteur pose ensuite les règles générales suivantes : 1° la largeur et la profondeur des remous augmentent constamment avec le débit; 2° le degré d'impureté de l'eau a une grande influence, surtout pour les chutes verticales qui charrient des corps étrangers (pierres, bois, glaces, etc.); à hauteur de chute égale, les remous croissent avec la vitesse d'écoulement de l'eau d'aval et avec l'étroitesse du lit; 4° les fonds mous sont plus favorables que les fonds durs à la formation des remous; à ce point de vue surtout, le régime normal ne peut donner aucune idée du régime des remous en hautes eaux; 5° des courants périodiques se produisent à chaque variation de niveau, et tendent à creuser dangereusement le lit du fleuve.

L'action nuisible d'affouillement au pied du barrage croit rapidement avec la hauteur de chute, qui est limitée de ce fait, pour les barrages mobiles, à 8 m pour les cours d'eau à fond alluvionnaire, et à 11 ou 12 m pour les rivières à fond rocheux. Ces limites ne semblent pas pouvoir être dépassées.

En régime de crue, cette influence est heureusement combattue en général, par le relèvement du niveau aval, sauf dans le cas où la rivière débouche dans un lac.

D'autre part, un rétrécissement exagéré du fleuve au niveau du barrage a pour effet d'augmenter la hauteur de chute de la masse d'eau et par suite l'influence des remous. L'économie d'installation est ainsi compensée en partie par l'accroissement des frais d'entretien.

L'auteur examine les artifices de construction qui permettent de réduire l'influence des remous. Il recommande d'égaliser autant que possible la profondeur des fondations, d'aménager artificiellement les rochers de façon à obtenir des surfaces unies, et de combler périodiquement les vides par des blocs de pierre. Il montre, par des exemples appuyés de chiffres, qu'un entretien suivi et raisonné peut éviter des frais de réparation considérables.

Il étudie ensuite, pour les barrages fixes, l'influence de la forme de la section de la digue, et recherche quelle courbure il faut lui donner pour réduire les remous au minimum. Il recommande une forme se rapprochant de la parabole de chute et se raccordant par une courbe à la fondation : le frottement de l'eau est ainsi réduit au minimum. Dans les anciens barrages, l'arête extrême du massif de fondation était en général, pour des raisons de construction, placée plus haut que le niveau des basses eaux. Actuellement, pour diminuer ces remous, on la place au niveau du fond de la rivière.

(1) Hans ROTH, ingénieur à Zurich. *Schweizeriche Bauzeitung*, 14, 21, 28 juillet et 1er, 8 et 15 septembre 1917, t. LXX, p. 18-30-44.

Digitized by Google

L'auteur étudie ensuite, pour les barres mobiles, l'influence des divers systèmes de vannage. Il conseille de diminuer progressivement le vannage vers les rives du cours d'eau, sans toutefois aller jusqu'à la suppression complète. Le vannage supérieur est le plus employé. Le vannage inférieur a son intérêt, mais ne doit être employé qu'avec des barrages établis en conséquence. L'auteur donne ensuite des conseils pour l'aménagement du bief d'amont aux abords immédiats du barrage.

Le second chapitre est consacré à l'historique de l'évolution de la construction des barrages.

Dans le chapitre III, l'auteur donne les résultats des observations qu'il a faites concernant les effets des remous sur le lit des rivières en aval des barrages. Il arrive aux conclusions suivantes : 1° la chute verticale présente le plus d'avantages pour l'écoulement des eaux. L'action de la masse d'eau en mouvement est alors le plus uniforme et ne provoque que de faibles remous. Par contre, elle exige que les fondations du barrage soient très profondes. 2° La chute oblique provoque en général des remous violents à son entrée dans la masse d'eau du bief aval. Le choc a lieu, suivant la profondeur du bief, avant ou après l'extrémité du massif ; une partie du flot se répand dans toutes les directions en suivant les chemins de moindre résistance, et provoque ainsi d'innombrables courants obliques et des tourbillons qui endommagent le lit du fleuve et les rives. Suivant la distance du point de chute à la digue, le flot est recouvert ou non par l'eau d'aval. Les anciens barrages dont l'arête inférieure se trouve en général au-dessus du niveau d'aval donnent lieu, suivant la hauteur de ce niveau, à une chute plus ou moins importante qui affecte plus ou moins l'écoulement des eaux. Il en résulte que les fondations doivent être particulièrement soignées et que les rives et le lit de la rivière doivent être aménagés sur une grande distance. — L'auteur traite ensuite de l'influence de la nature du terrain qui constitue le lit du cours d'eau.

Il donne de nombreux exemples appuyés par des figures montrant les modifications produites dans le profil de ce lit au cours des années pour différents régimes de chutes et différents systèmes de barrages, en insistant surtout sur les barrages mobiles.

La figure 1 montre un barrage établi sur un banc de molasse, et se comportant fort bien depuis vingt ans. Le seuil est exactement au niveau du banc qui est bien uni et il est prolongé par un lit horizontal de blocs de béton de 50 à 80 cm d'épaisseur et de 20 à 30 m de longueur. Les figures 2, 3 et 4 montrent l'influence de la construction du barrage sur le développement de la zone des remous. Le barrage de la figure 2, bien que comportant le même genre de terrain que le précédent, présentait au bout de trois ans une zone de remous très importante résultant de la trop grande hauteur du seuil et de l inégalité du fond rocheux le long du profil du barrage. Le seuil ayant été construit à niveau plus élevé à certains endroits que le fond primitif, des affouillements se produisirent dès la mise en service et ne firent que s'accentuer. Les figures 3 et 4 représentent un même barrage à des époques différentes. Ici encore la même cause produisit les mêmes effets, et l'affouillement augmenta rapidement. On essaya bien en 1907 de l'enrayer en le comblant avec des blocs de béton de 15 m³. Mais ce travail, fait dans de mauvaises conditions, favorisa plutôt l'érosion et l'on décida en 1910 de construire un nouveau seuil de 30 m dont le niveau est celui des eaux moyennes. Néanmoins en basses eaux l'affouillement continue ; la forme du remous n'est pas changée sensiblement et la zone en est simplement reportée vers l'aval (fig. 4).

On a constaté aussi qu'à un même barrage observé à des heures différentes, correspondent des remous très dissemblables pour une variation du niveau d'aval de 13 cm seulement, le niveau d'amont et le débit restant constants. Dans le premier cas la longueur de la zone était de 60 m ; elle se réduisait à 30 m dans le second cas.

L'auteur donne ensuite une série de figures (5 à 10) montrant les différentes formes de remous produites par un barrage à des époques et pour des vannages différents. On voit que les deux premières présentent une zone de remous assez courte en raison de la hauteur de chute et de la régularité de l'écoulement vers l'aval. Les suivantes montrent l'extension croissante de la zone des remous avec un vannage inférieur à débit de plus en plus considérable. La dernière donne les niveaux d'aval, en hautes, moyennes et basses eaux, ainsi que le débit normal de ce barrage.

L'auteur résume ainsi les résultats de ses observations sur les barrages mobiles : 1° la profondeur du remous à l'extrémité du seuil du barrage est égale à 2/3 ou 3/3 de la

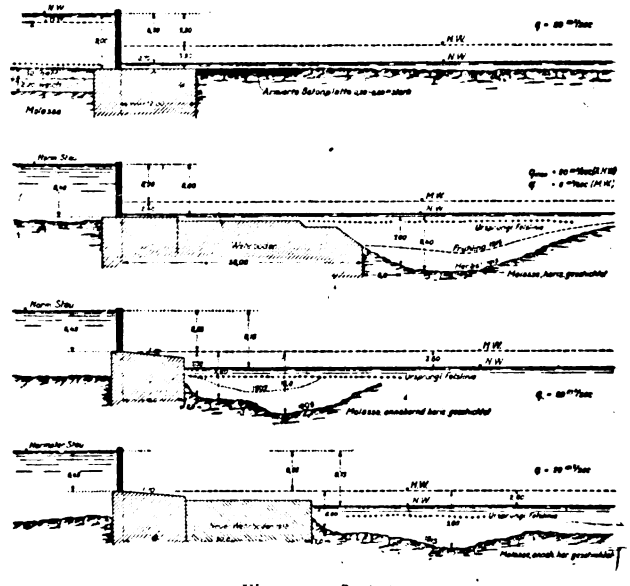


Fig. 1, 2, 3 et 4

différence du niveau maximum entre les deux biefs ; 2° la plus grande profondeur de remous observée, comptée depuis le sommet du barrage, est égale ou supérieure à la différence maximum des niveaux ; 3° elle se trouve, pour les barrages à chute verticale, immédiatement derrière le seuil ; 4° elle est d'autant plus éloignée du seuil que la chute est plus oblique ; 5° l'étendue de la zone des remous est plus importante pour une chute oblique que pour une chute verticale ; 6° elle est minimum pour des seuils très bas ou pour des chutes verticales sur seuils horizontaux ; 7° les seuils horizontaux trop élevés augmentent les remous tout en les reportant vers l'aval ; 8° si le seuil est établi plus haut que le lit primitif du fleuve, ou au-dessus de la roche dure, il faut s'attendre à des affouillements importants ; 9° si le seuil est au niveau de la roche dure, l'affouillement est très réduit, pourvu que l'écoulement vers l'aval se fasse normalement.

Comme conclusion, l'auteur pose la question suivante : comment doit-on construire un barrage mobile en tenant compte de la formation des remous, pour réduire au minimum les frais de construction et d'entretien ? Il y répond par quelques conseils dont voici les principaux : 1° le seuil

Digitized by Google

entre les piles du barrage doit être bien compact et sans obstacle ; il doit être uni, horizontal et d'une largeur égale à la longueur des piles ; 2° son niveau ne doit pas être celui des basses eaux, comme dans les anciens barrages, mais plutôt le niveau moyen de la couche rocheuse, comme dans

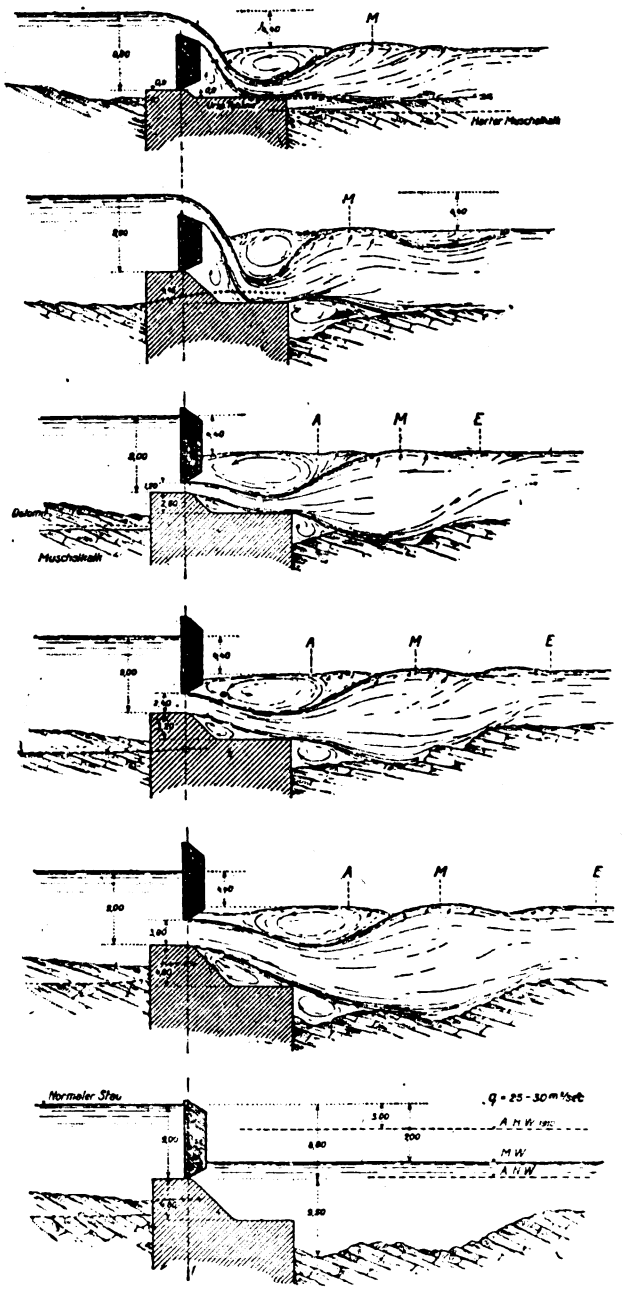


Fig. 5, 6, 7, 8, 9 et 10.

les nouveaux, ou même un niveau un peu inférieur ; les fondations n'en sont rendues ni plus difficiles, ni plus coûteuses ; 3° si le lit du fleuve est alluvionnaire, on choisira la hauteur du seuil de telle sorte que le niveau de l'eau à son passage sur le seuil soit le même en basses eaux que le niveau moyen avant la construction du barrage ; le flot devra toujours quitter le seuil aussi horizontalement que possible ; 4° on pratiquera le vannage supérieur, de préférence au vannage inférieur qui sera réservé aux opérations de vidange et de désensablement ; 5° il est prudent d'établir, à la suite du seuil, une plate-forme (ou lit artificiel) ayant pour but de guider le flot vers l'aval et de protéger le barrage en éloignant le plus possible la zone des remous ; mais on ne devra pas compter sur cette plate-forme pour consolider le seuil qui devra toujours être établi comme s'il était seul. De nombreux exemples montrent qu'il ne faut pas compter sur la solidité du lit du fleuve à proximité du barrage, même s'il est composé de roches dures et massives. Il convient d'aménager ce lit dès la construction du barrage, en le rendant aussi compact et uni que possible et en le portant toujours au même niveau que le seuil.

L'auteur donne en terminant quelques conseils pour la fondation du seuil soit sur fond rocheux, soit sur fond alluvionnaire.

J. C.

Convertisseurs rotatifs de Siemens (1).

Différents types de convertisseurs. — Il y a actuellement sur le marché trois types principaux de convertisseurs : le moteur-générateur, le moteur-convertisseur ou convertisseur Lacour, et le convertisseur rotatif. La question de savoir celui des trois types que l'on doit choisir dépend d'un certain nombre de circonstances, telles que la nature du courant produit, la nature du courant fourni, et la nature de la charge.

Quand on veut transformer du courant monophasé en courant continu, il est incontestable que le moteur-générateur est le mieux indiqué, le convertisseur rotatif monophasé étant non seulement d'un mauvais rendement, mais en outre quelque peu coûteux ; de plus son fonctionnement présente des difficultés considérables.

Pour la transformation du courant triphasé en courant continu, c'est le convertisseur rotatif qui vient au premier rang. Son adoption sur une vaste échelle en Angleterre a été considérablement entravée par suite du fait que la fréquence la plus répandue est de 50 p : sec. Le plus grand développement du convertisseur rotatif s'est produit en Amérique où la fréquence la plus répandue, jusqu'à ces dernières années, était 25 p : sec et les convertisseurs rotatifs ne présentent alors aucune difficulté dans la construction ni le fonctionnement. Les premiers convertisseurs rotatifs pour la fréquence 50 présentaient quelques inconvénients relatifs à la commutation et leur fonctionnement était instable.

Ces inconvénients tenaient aux causes suivantes :

L'alimentation des machines étant effectuée avec un courant de fréquence 50 et les machines étant prévues, à cette époque, pour des vitesses relativement faibles, la distance entre les points de potentiel opposé sur les porte-balais de courant continu était relativement faible. En outre, les machines n'étaient pas munies de pôles auxiliaires pour la commutation.

L'absence de pôles auxiliaires rendait la machine sujette à des étincelles au collecteur sous de fortes surcharges et, par suite de la faible distance des porte-balais, ces étincelles amorçaient des arcs très préjudiciables. Ces difficultés ont été surmontées par l'introduction de pôles auxiliaires et l'augmentation de la vitesse, et il en résulte que le convertisseur rotatif pour la fréquence 50 ou 60 est actuellement non seulement aussi stable que tout autre modèle de conver-

(1) *Electrician*, 3 et 10 août 1917, t. LXXXIX, p. 699-701, 731-73 3 000 mots, 8 fig.

Digitized by Google

tisseur de fréquence, mais qu'il est considérablement supérieur au point de vue du rendement et d'un prix de revient moindre.

Les courbes de la figure 1 permettent de comparer, pour divers facteurs de puissance, le convertisseur rotatif muni de 2, 3, 4 et 6 contacts glissants avec la machine de même dimension utilisée comme génératrice de courant continu.

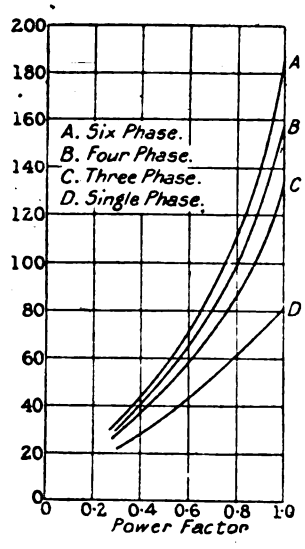


Fig. 1.

Les convertisseurs rotatifs de Siemens sont construits pour les fréquences usuelles et pour les puissances de 50 à 3 600 kw. Il y a aussi une série de convertisseurs rotatifs de traction pour des tensions du côté continu de 1 200 à 1 500 v, pour des circuits de fréquence égale à 25. Pour des fréquences supérieures à 25, lorsqu'il est nécessaire d'avoir ces tensions élevées du côté continu, on emploie habituellement soit un seul convertisseur rotatif muni de deux collecteurs en série, soit plus généralement deux rotatifs de modèle courant de 600 ou 750 v en série. De même, dans les cas où l'alimentation en continu doit se faire sous 2 400 ou 3 000 v, on peut utiliser deux convertisseurs rotatifs de 1 200 ou 1 500 v mis en série, si la fréquence est 25. Pour des circuits de fréquence 50 ou 60 on adopte généralement des moteurs générateurs disposés en série et entraînés par un seul moteur, lorsque la tension du courant continu est supérieure à 1 200.

L'élévation de température (de 40°C en pleine charge) telle qu'on l'indique est toujours basée sur le facteur de puissance pour lequel la machine est prévue, qu'il s'agisse de convertir le courant alternatif en courant continu ou vice versa v.

Quelques détails mécaniques. — Les *bobines inductrices* sont enroulées sur des bobines en feuille de métal, recouvertes d'une couche épaisse d'isolant. Les enroulements compound et shunt sont effectués sur la même bobine. Dans le cas où l'on utilise des enroulements auxiliaires, ceux-ci sont disposés sur des bobines indépendantes et ils peuvent être enlevés d'une manière également indépendante si c'est nécessaire. Les extrémités des conducteurs des bobines shunt sont fixées sur des électrodes en forme de T maintenues en place par la couche supérieure de l'enroulement.

L'*armature* est du type à encoches, elle est constituée avec des tôles de grande perméabilité. L'armature tout entière est prévue pour permettre d'obtenir la meilleure ventilation possible : le noyau est muni d'un certain nombre de conduits de ventilation disposés radialement dans lesquels sont disposées des pièces destinées à former éventail.

L'*enroulement* est constitué par des lames de cuivre de section rectangulaire. Toutes les substances isolantes sont soumises avant leur emploi à des essais de haute tension et l'armature tout entière est soumise à un essai indépendant de haute tension après que l'enroulement est terminé. Les enroulements sont maintenus dans les encoches au moyen de cales en bois dur et on n'utilise aucun dispositif de bandage sur la partie de l'armature située sous les pôles. Les connexions de l'armature aux bagues collectrices sont réalisées au moyen de bandes de cuivre disposées de manière à résister aux actions de la force centrifuge. Toutes les armatures sont soigneusement équilibrées avant de procéder aux essais.

Quand la longueur du collecteur dépasse 36 cm, on utilise le collecteur double de Siemens constitué par deux collecteurs ordinaires montés chacun sur une partie centrale en fonte. Les segments correspondants des deux collecteurs sont réunis au moyen de tiges d'acier étamées disposées au centre, en éventail.

La longueur de circonférence du collecteur sur laquelle s'étendent les porte-balais est réduite autant que possible. On diminue ainsi la tendance de la machine à produire des arcs de commutation intenses. Tous les balais sont montés sur un côté de l'anneau, en sorte que l'autre côté présente une surface de refroidissement développée. La pression des balais est obtenue de la même manière que sur le côté continu, c'est-à-dire au moyen d'un ressort à boudin.

Réglage de la tension. — Le réglage de la tension s'effectue habituellement au moyen d'une réactance, d'un régulateur à induction ou d'un survolteur synchrone à courant alternatif. Vis-à-vis de cette dernière méthode, il importe d'observer que l'addition d'un survolteur à un convertisseur rotatif maintient l'équilibre dans l'armature du convertisseur entre les réactions d'induit correspondant au courant alternatif et au courant continu. Cette neutralisation de la réaction d'induit constitue une des caractéristiques principales du convertisseur rotatif, et l'un de ses résultats les plus importants est que le rendement d'une armature, lorsqu'elle fonctionne comme convertisseur, est notablement plus grand que lorsqu'elle fonctionne comme simple génératrice de courant continu. Un autre de ses avantages est qu'elle tend à rendre la commutation d'un convertisseur rotatif bien supérieure à celle des générateurs à courant continu.

L'importance du réglage de la tension ne saurait être exagérée. Quelle que soit la méthode adoptée pour faire varier la tension, elle entraîne une augmentation de prix et une réduction du rendement par rapport à un équipement analogue à tension constante Il ne faut donc pas perdre de vue qu'en spécifiant la variation de tension sous laquelle un convertisseur rotatif devra fonctionner, cette variation devra être maintenue dans les limites les plus étroites, compatibles avec l'usage de la machine Par exemple, on spécifie souvent une amplitude de tension de 6 000 à 6 600 v sur le côté haute tension du transformateur, l'alimentation du transformateur étant pratiquement à tension constante (à 1 ou 2 pour 100 près).

L'intervalle 6 000-6 600 v ou un intervalle analogue est fréquemment adopté uniquement parce que les générateurs dans la station centrale ont été prévus pour alimenter un

Digitized by Google

tel intervalle de tension, si c'est nécessaire, mais tandis qu'il est relativement aisé de construire un alternateur pour un tel intervalle de tension sans augmentation appréciable de prix, il n'en est pas ainsi avec le convertisseur rotatif, et la tension d'alimentation du côté haute tension du poste transformateur doit donc être établie aussi exactement que possible, d'après les conditions précises qu'il doit remplir.

Dans les cas où l'on désire faire fonctionner le poste de transformation sous une tension constante déterminée entre 6 000 et 6 600 v, il faut en tenir compte dans la construction du transformateur d'alimentation. Des bornes seront disposées sur le transformateur pour quatre ou cinq valeurs comprises entre ces limites, et on peut choisir alors une prise convenable dépendant de la tension déclarée à la station centrale et de la longueur du feeder comprise entre la station centrale et la sous-station.

De même, on désire parfois du côté continu une amplitude de tensions de 460 à 540 v par exemple, alors que réellement la tension des barres collectrices ne dépasse jamais les limites de 480 à 520 v. La forte amplitude de 460 à 540 v peut parfois être spécifiée afin de permettre une marge, comme on l'a fait souvent en spécifiant la tension d'un générateur à courant continu, mais il ne faudrait pas perdre de vue qu'une amplitude considérable de tension peut être obtenue avec un générateur à courant continu sans notable augmentation de prix, alors qu'il n'en est pas ainsi avec un convertisseur rotatif.

Les conditions qu'on rencontre le plus fréquemment peuvent être divisées en quatre catégories : 1° la distribution est à tension constante sur le côté haute tension du transformateur et on demande une amplitude de tension ne dépassant pas 15 pour 100 du côté courant continu, ou bien une amplitude totale, à la fois pour le courant continu et le courant alternatif, ne dépassant pas 15 pour 100 ; 2° conditions analogues à celles du premier, avec, en plus, la nécessité d'un facteur de puissance constant ; 3° conditions dans lesquelles on peut s'attendre à une variation sur le côté haute tension du transformateur allant jusqu'à 10 pour 100 (par exemple, 6 000-6 600 v) alors qu'on a besoin d'une amplitude de tension allant par exemple jusqu'à 15 pour 100 sur le côté courant continu, faisant un total supérieur à 15 pour 100 ; 4° on désire un fonctionnement réversible ou seulement une transformation de courant continu en courant alternatif sous une quelconque des conditions indiquées au premier, au deuxième et au troisième.

Le cas du premier peut être résolu soit par une réactance, un régulateur à induction ou un survolteur et le choix est presque entièrement une question de prix. Le régulateur à induction est généralement trop coûteux pour la méthode ci-dessus.

Le cas numéro 2 ne peut être résolu que par un régulateur à induction ou un survolteur, et c'est en général le survolteur qu'on utilise chez les constructeurs anglais, car il est possible d'obtenir l'effet cherché — c'est-à-dire un facteur de puissance unité — que la machine soit compound ou à enroulement shunt.

Grâce à un système spécial d'enroulement breveté, dans les convertisseurs rotatifs à survolteurs Siemens, que l'amplitude de la tension qui est spécifiée soit réalisée par un enroulement compound ou par un régulateur à main, on peut obtenir automatiquement un facteur de puissance déterminé pour toute charge et toute tension. Le système des enroulements est représenté sur la figure 2 dans laquelle on voit que dans le cas d'un enroulement compound l'amplitude de la tension est obtenue au moyen d'un enroulement compound sur le survolteur. Cet enroulement compound est disposé en série avec un enroulement compound auxiliaire sur le transformateur tournant. De même, l'enroulement shunt du survolteur qui est naturellement nécessaire pour un réglage à la main de la tension est mis en série avec un enroulement shunt auxiliaire sur le transformateur tournant.

Ainsi, toute variation de la tension, qu'elle soit due à un réglage à la main ou à une augmentation des ampères-tours série avec la charge, s'accompagne d'une augmentation du nombre des ampères-tours inducteurs du transformateur tournant lui-même. Par suite, la variation du facteur de puissance qui résulte d'une altération de la tension

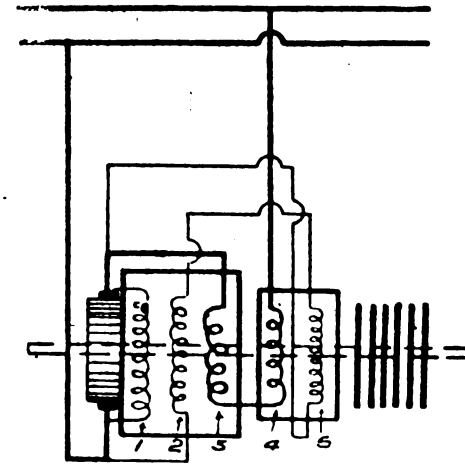


Fig. 2.

sur le côté courant alternatif de l'armature est automatiquement compensée par une variation correspondante dans le nombre des ampères-tours inducteurs du transformateur tournant principal et le facteur de puissance conserve la valeur qu'il avait avant que se produise la variation de tension.

Dans le troisième cas, un régulateur à induction ou un survolteur sont absolument nécessaires, en dehors de toute question de facteur de puissance, attendu que l'amplitude totale de la tension dépasse les limites qui peuvent être couvertes par l'emploi d'une réactance et d'une variation dans l'intensité du champ du transformateur tournant.

Le quatrième cas est généralement résolu au moyen d'un survolteur ou d'un régulateur à induction, bien qu'on puisse utiliser des appareils à réactance, pourvu que la station de transformation, quand le fonctionnement est inversé, puisse fonctionner en parallèle avec une machine synchrone qui alimente la composante dewattée du courant, requise pour obtenir l'amplitude de la tension. De tels cas sont extrêmement rares.

Facteur de puissance. — La relation entre le facteur de puissance dans l'armature du convertisseur rotatif et la tension sur le côté courant continu, sous une charge quelconque, dépend naturellement du constructeur; il est donc possible de prévoir l'équipement de convertisseur rotatif, de manière qu'on puisse obtenir un facteur quelconque de puissance (dans des limites raisonnables) du côté haute tension du transformateur. C'est le facteur de puissance sur le côté haute tension qui est intéressant pour l'acheteur puisque c'est le facteur de puissance qui est imprimé au réseau alimentant l'installation.

Digitized by Google

Dans le cas de transformateurs tournants à enroulement compound, où la tension sur le côté courant continu dépend de la charge, il s'ensuit que le facteur de puissance dépend aussi de la charge Dans le cas de machines à enroulement shunt, il est cependant possible, pour toute la charge, de régler l'excitation du transformateur tournant de manière à obtenir, sous une tension particulière, un facteur de puissance déterminé.

Quelques acheteurs spécifient que le facteur de puissance à pleine charge pour une machine compound ou sous une tension particulière pour une machine à enroulement shunt devrait être le plus important, par exemple, 0,95 ou 0,9. Il ne faut pas oublier cependant que, pour réaliser une telle condition, il faut une armature plus grande, que le rendement est réduit et qu'il arrive très souvent que la dépense supplémentaire qui en résulte n'est pas justifiée. C'est, en particulier, le cas pour de petites machines jusqu'à, par exemple, 500 kw, dont la composante principale dévattée ne serait pas suffisante pour entraîner une très grande différence du facteur total de puissance du circuit à moins que le réseau lui-même soit très petit comparé à la production du convertisseur.

En général, on peut dire que les convertisseurs rotatifs ne conviennent pas pour la correction des facteurs de puissance, attendu que ce sont des machines qui fonctionnent le mieux sous un facteur de puissance unité. C'est ce qui apparaît sur la figure 3 qui montre comment l'estimation est

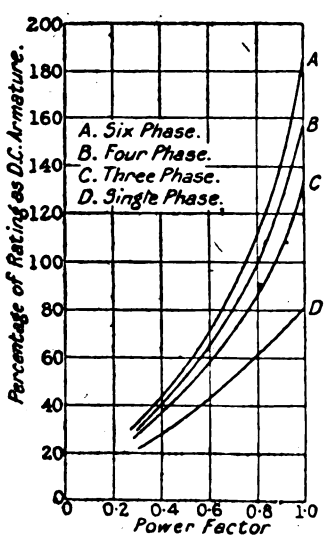


Fig. 3.

affectée par l'inégale distribution de l'échauffement déterminé par un écart à partir du facteur de puissance unité.

Il ne faut pas oublier également qu'en dehors de cette répartition inégale de l'échauffement, une composante dévattée du courant (à différence de phase négative) dans l'armature exerce une action démagnétisante sur les pôles inducteurs principaux de la machine. Cette action démagnétisante doit être contrebalancée par un supplément de cuivre dans les pôles inducteurs et l'élévation de prix qui en résulte n'est pas limitée simplement au prix du cuivre, car fréquemment le supplément du cuivre ne peut être réparti sur les pôles inducteurs sans l'adoption d'un bâti de plus grandes dimensions. L'emploi du convertisseur rotatif comme correcteur de facteur de puissance suppose donc, non seulement une élévation de prix pour l'adoption d'une machine plus grande, mais aussi une diminution du rendement.

Dans le cas des transformateurs tournants à survolteurs, le facteur de puissance est indépendant de la tension, et, au moyen d'un système spécial des enroulements inducteurs représenté sur la figure 2, les transformateurs tournants à survolteur de Siemens sont construits de façon telle que, pour un enroulement shunt aussi bien que compound, le facteur de puissance sur le côté haute tension est maintenu à une valeur prédéterminée. Pour les valeurs ci-dessus indiquées, il est préférable que cette valeur soit l'unité, mais la disposition des enroulements permet de maintenir le facteur de puissance à une valeur déterminée pourvu que cette valeur soit comprise entre certaines limites.

Marche en parallèle. — La caractéristique de tension d'un convertisseur rotatif est notablement plus aplatie que celle d'un générateur normal à courant continu. Cela est évident si l'on se rappelle que la réaction d'un convertisseur rotatif est pratiquement nulle. D'où, s'il est nécessaire que le convertisseur rotatif puisse marcher en parallèle avec un générateur à courant continu ordinaire, il faut munir le convertisseur rotatif d'un enroulement série inverse de manière à augmenter la chute entre la marche à vide et la pleine charge.

Commutation. — Le problème de la commutation sans étincelle des convertisseurs rotatifs est très différent du même problème relatif aux générateurs à courant continu. Dans le cas d'un générateur à courant continu, la principale difficulté d'obtenir une commutation sans étincelle est la forte réaction d'induit. Dans le cas d'un convertisseur rotatif, au contraire, la réaction d'induit est si faible qu'aux charges normales elle est pratiquement négligeable, et le rôle des pôles auxiliaires consiste plutôt à vaincre la tension de réactance dans la bobine court-circuitée. Il en résulte donc que les qualités de commutation des convertisseurs rotatifs peuvent être notablement supérieures à celles des générateurs à courant continu et c'est en partie pour cette raison que la capacité de surcharge des convertisseurs rotatifs est si grande.

A noter cependant que la neutralisation de la réaction d'induit se produit seulement sous des charges constantes. Dans l'éventualité d'une forte surcharge soudaine ou d'un court-circuit sur le côté courant continu du convertisseur rotatif, il apparaît que le courant continu dans l'armature peut être momentanément très supérieur au courant alternatif, d'où résulte momentanément une très forte réaction d'induit comparée à celle d'un générateur à courant continu.

Les pôles auxiliaires des convertisseurs rotatifs Siemens sont disposés de manière qu'on puisse aisément insérer des cales constituées par de minces feuilles de fer d'épaisseur connue entre le pôle auxiliaire et le bâti : l'entrefer relatif au pôle auxiliaire peut donc être aisément réglé dans les essais d'atelier ou après l'installation.

Equilibrage à trois fils et marche inversée. — Les convertisseurs rotatifs munis de transformateurs peuvent être disposés de manière à agir comme équilibreurs sur des systèmes à trois fils, utilisant le transformateur lui-même comme équilibreur statique. Dans ces cas, les points centraux des enroulements secondaires des transformateurs, qu'ils soient à six ou quatre phases, sont reliés au fil neutre sur le côté courant continu exactement de la même manière

Digitized by Google

que le point central d'un équilibreur statique est relié au fil neutre dans les cas de générateurs à courant continu munis de bagues collectrices en vue d'équilibrage.

Pour les machines qui doivent fonctionner comme équilibreurs sur des systèmes à trois fils, des enroulements à pôles auxiliaires alternés sont connectés sur des côtés opposés du système, en sorte que, dans l'éventualité d'une forte variation de charge sur un seul côté du système, on obtient la modification nécessaire du flux relatif au pôle auxiliaire.

Tout convertisseur rotatif est capable de transformer soit du courant alternatif en courant continu, soit du courant continu en courant alternatif; mais dans les cas où l'on veut transformer le courant continu en courant alternatif, il est nécessaire de considérer soigneusement l'influence sur le convertisseur rotatif d'une charge variable ou d'un facteur de puissance variable.

Quand un convertisseur rotatif transforme du courant continu en courant alternatif, il fonctionne comme un moteur shunt ou compound à courant continu, et sa vitesse dépend donc de l'intensité du champ. Si le facteur de puissance de la charge vient à varier, il se produit une réaction variable de désaimantation dans l'armature du convertisseur rotatif, et à moins de moyens appropriés pour l'empêcher, la vitesse de la machine, et par suite la fréquence du courant alternatif qu'elle produit, varieront en conséquence. Si le convertisseur rotatif, quand la marche est inversée, fonctionne en parallèle avec des alternateurs synchrones de capacité considérablement supérieure à la sienne, le convertisseur fonctionnera sous la même fréquence. La division correcte de la charge entre le convertisseur rotatif et l'alternateur, dépend du réglage de l'intensité du champ de l'alternateur ou de la tension sur le côté courant continu.

Cependant, dans la plupart des cas où les convertisseurs rotatifs doivent fonctionner en sens inverse, ils fonctionneront seuls et, dans ces cas, il est nécessaire de prévoir des moyens spéciaux pour l'excitation du convertisseur rotatif de manière à éviter la variation ci-dessus mentionnée de la vitesse et de la fréquence pour des charges correspondant à des facteurs de puissance variable.

Sur les convertisseurs inversés de Siemens, l'excitation principale de la machine est encore tirée du collecteur et le réglage nécessaire dans l'excitation pour contrarier la tendance à la variation de vitesse est effectué par un dispositif excitateur auxiliaire. Cette méthode présente deux avantages importants : 1° dans le cas où la source auxiliaire d'excitation vient à faire défaut, l'excitation principale subsiste encore et le danger d'emballement de la machine est très considérablement limité ; 2° l'excitation auxiliaire peut être fournie sous une très faible tension, en sorte qu'il n'y a aucune tendance à la production d'étincelles sur le petit collecteur de l'excitateur auxiliaire, tandis que celles-ci prendraient naissance s'il était prévu pour la tension totale de la machine.

Le système d'excitation sur les convertisseurs rotatifs inversés de Siemens est représenté sur la figure 4.

L'excitateur comprend une armature munie d'un collecteur et de trois contacts glissants et d'un aimant de champ non bobiné. Il est muni d'un transformateur dont le primaire est mis en série avec le circuit principal à courant alternatif, le secondaire étant connecté aux trois contacts glissants de l'excitateur.

Un flux de force se développe dans l'excitateur par suite de la réaction d'induit due au courant dans le secondaire du transformateur série. Il en résulte donc une différence de potentiel au collecteur de l'excitateur, et cette différence de potentiel varie avec le facteur de puissance de la charge principale du courant alternatif par suite des variations dans la réaction d'induit.

Le collecteur de l'excitateur est mis directement sur l'enroulement shunt auxiliaire du convertisseur. Toute variation dans le facteur de puissance et la charge du courant alternatif entraîne donc une variation dans le courant qui traverse cet enroulement auxiliaire shunt. L'intensité du champ du convertisseur est ainsi maintenue à la valeur convenable pour une vitesse constante, malgré les variations

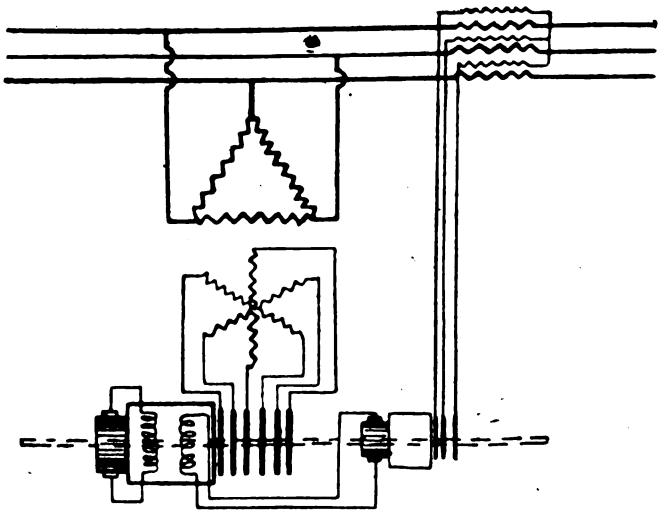


Fig. 4.

dans le facteur de puissance de la charge. Il est à noter que cette disposition empêche réellement la variation de vitesse et n'exerce pas simplement une action corrective sur la variation de vitesse qui s'est déjà produite, comme c'est naturellement le cas lorsqu'on utilise un excitateur directement couplé dont l'effet sur l'excitation du convertisseur dépend d'une augmentation ou d'une diminution de vitesse.

Vitesse des convertisseurs rotatifs. — Au cours des cinq dernières années on peut signaler, chez les constructeurs anglais, une tendance à accroître la vitesse pour laquelle sont prévus les convertisseurs rotatifs, en particulier pour les machines de fréquence 50 et 60. La raison de cette augmentation de la vitesse, outre qu'elle entraîne une diminution de prix, doit être cherchée dans le fait qu'une augmentation de vitesse s'accompagne d'un accroissement de stabilité et d'une réduction des étincelles.

Les progrès réalisés dans la construction des collecteurs ont maintenant permis de fonctionner sous des vitesses considérablement plus élevées. On peut montrer très aisément que la distance entre les porte-balais sur un convertisseur rotatif pour une fréquence particulière quelconque est en raison directe de la vitesse périphérique du collecteur. Aussi le but du constructeur de convertisseurs modernes est-il d'élever la vitesse périphérique du collecteur jusqu'à une valeur compatible avec une bonne commutation et la sécurité mécanique, ainsi que d'obtenir la même distance entre les porte-balais que dans le cas des générateurs à courant continu et des convertisseurs à faible distance.

Digitized by Google

Un autre résultat de l'accroissement de vitesse est qu'il est possible de munir la machine d'un enroulement d'amortissement plus lourd est plus efficace, par suite du plus petit nombre de pôles, et, par suite, du plus grand espace disponible. En outre, dans la majorité des cas, l'emploi d'une vitesse élevée permet d'adopter un bobinage d'induit constitué par un seul tour de fil, latitude considérable dans le devis du pôle auxiliaire. Des machines à grande vitesse sont donc généralement capables de fortes surcharges, et sont beaucoup plus stables, en court-circuit, que les machines à faible vitesse.

A. B.

Le nouveau sélecteur téléphonique de la Western Electric (1).

Le but du sélecteur est de permettre d'appeler séparément de la centrale l'un des abonnés desservis par une même boucle en dérivation, sans déranger les autres abonnés.

On connaît le sélecteur Dardeau construit par la Société industrielle des Téléphones et qui fonctionne au Métropolitain de Paris. Le nouvel appareil adopté en 1913 par l'administration des Télégraphes suisses sur la ligne d'Andermatt à Belvédère (Furka) n'avait pas encore été décrit (fig. 1). Il se compose principalement d'une roue dentée R portant un doigt de contact d ainsi qu'un ressort spirale qui est bandé quand la roue tourne dans le sens de la flèche (fig. 2). Le cliquet y qui actionne la roue est rappelé par un ressort m quand le bras w n'est plus

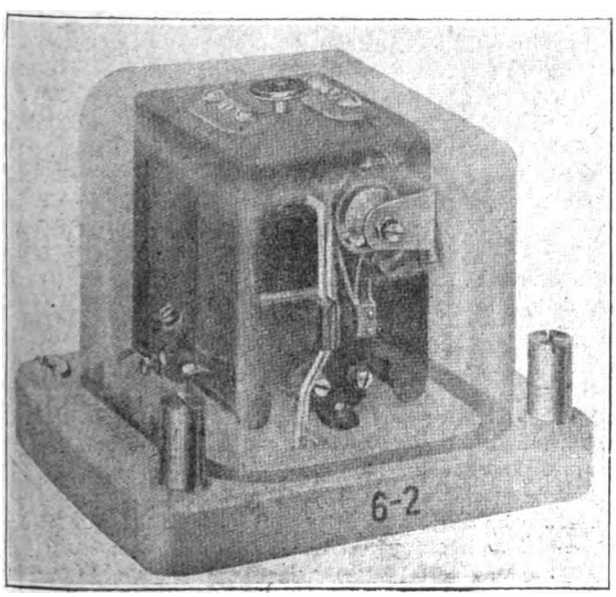


Fig. 1.

retenu par l'extrémité du levier b commandé par l'électro B. Le pivot de y se trouve d'ailleurs à l'extrémité du levier a commandé par le levier A. Quand le courant passe dans A et B, les leviers basculent et les cliquets y et u embrayent avec R. L'électro A a une résistance de 1 300 w, celle de B est de 2 500 w, de plus, le noyau de ce dernier est entouré d'un tube de cuivre qui sert d'amortisseur, de sorte que A déclanche seul lorsque l'on produit de *courtes* interruptions du courant. Chacune de ces interruptions fait avancer la roue d'une dent jusqu'à ce que d vienne en contact avec n, ce qui a pour effet de faire fonctionner une sonnerie locale.

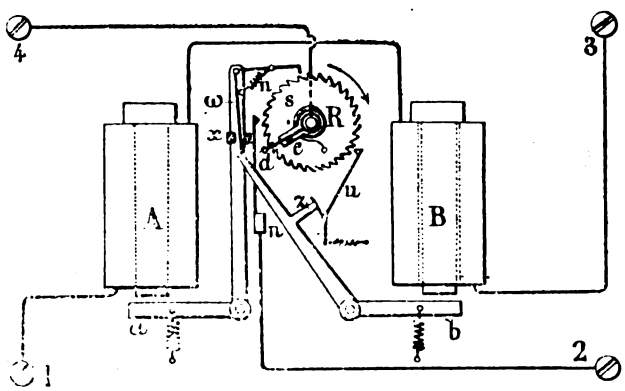


Fig. 2.

Si alors on arrête le courant, les cliquets se dégagent et la roue revient, sous l'action du ressort, à la position d'équilibre déterminé par le bras e qui porte un écrou réglable. On peut ainsi régler le système de façon que le contact ait lieu après n interruptions du courant par exemple. La tension à appliquer aux bornes des deux bobines A et B est de 38 v pour un courant de 10 milliampères. Au-dessous, le fonctionnement devient incertain. La figure 3 montre le montage du sélecteur R et de sa sonnerie S, J représente l'appel magnétique, P le crochet-commutateur de l'abonné. A la centrale, on dispose d'une clé Z en forme de coin qui, lorsqu'elle est enfoncée, lance le courant de la pile B dans la ligne et dans les sélecteurs. La clé T sert à produire le nombre d'interruptions voulu pour appeler tel ou tel abonné. L'étincelle est shuntée par une résistance r de 100 w et un

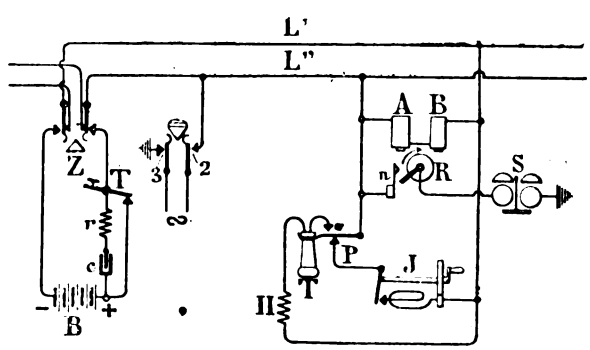


Fig. 3.

condensateur C de 2 microfarads. Dr est une clé de rechange analogue à Z mais dont les contacts sont branchés sur une magnéto au lieu de piles. Le fonctionnement est très simple : si A veut téléphoner à B, il appelle la centrale ; celle-ci fait fonctionner le sélecteur de B et suit la conversation à son appareil. La conversation terminée, A et B raccrochent simplement leurs récepteurs. La manœuvre de

(1) Dr A. Tobler, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale. *Journal télégraphique*, t. XLI, 25 juillet 1917, et n° 8, 25 août 1917, p. 109-112 et 125-127, 1 500 mots, 5 fig.

Digitized by Google

a clé T est facile ; toutefois, quand les postes sont nombreux, il est préférable d'employer un dispositif automatique pour éviter toute erreur. Les électros de sélecteurs ayant une très grande réactance pour la fréquence des nourants téléphoniques, absorbent très peu de courant. On peut en mettre 30 en dérivation sur la même ligne sans inconvénient. L'inconvénient du système est que le secrte des conversations n'est pas gardé, chaque abonné pouvant décrocher son récepteur et entendre tout ce qui passe dans la ligne. Son avantage est d'éviter des frais d'installations de lignes individuelles.

J. C.

Notes pratiques

Rhéostat liquide de démarrage d'un moteur de monte-charges (1). — Un accident avait détruit les boîtes à résistance du moteur; le fabricant ne pouvait en fournir tout de suite. Le rhéostat décrit ici fut construit et prêt à fonctionner en 6 jours. Il se compose d'un réservoir en béton à double compartiment dans lequel les électrodes sont maintenues fixes dans une position verticale, le niveau de l'électrolyte pouvant varier à volonté. Ce changement

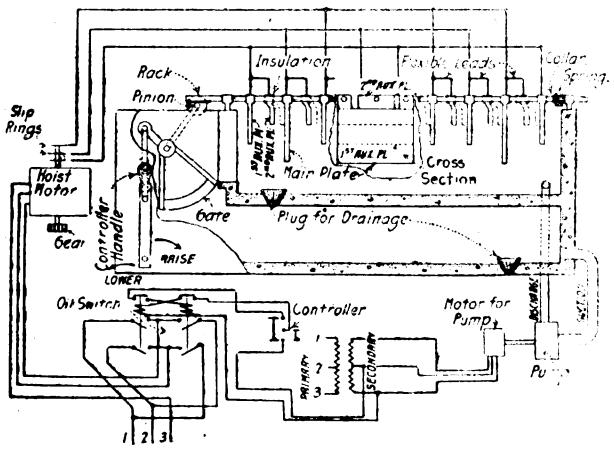


Fig. 1. — Coupe verticale d'un rhéostat de démarrage pour monte-charges.

Slip Rings, bagues ; Hoist Motor, moteur de monte-charges ; Controller Handle, controller ; Oil Switch, interrupteur à huile ; Raise, élévation (du niveau de l'électrolyse) ; Lower, abaissement (du niveau de l'électrolyse) ; Gate, vanne ; Plug for Drainage, bouchon de vidange ; Main Plate, plaque principale ; Cross Section, coupe verticale ; Flexible Leads, conducteurs flexibles ; Collar Spring, ressort en collier ; Motor for Pump, moteur de la pompe.

de niveau est réalisé au moyen d'une pompe qui prend l'eau dans le compartiment inférieur pour s'élever dans l'autre. La manœuvre s'opère ainsi : si la manette de contrôle est inclinée à droite, une vanne s'élève partiellement permettant à l'eau de monter et d'immerger les plaques principales. Au deuxième cran, l'eau s'élève suffisamment pour immerger la première plaque auxiliaire, ce qui permet au moteur de prendre sa vitesse plus rapidement que si les plaques principales seules étaient immergées. Au troisième cran, la porte s'élève encore et les secondes plaques auxiliaires sont immergées. Un dernier mouvement du controller décale automatiquement les secondes plaques auxiliaires jusqu'à la position marquée en pointillé, les circuits secondaires sont alors court-circuités. En changeant l'intervalle entre les secondes plaques auxiliaires et les plaques principales, on peut obtenir une bonne régulation de la vitesse du moteur. La pompe fonctionne continuellement, assurant un courant d'eau régulier qui maintient les plaques froides, car l'eau, passant par-dessus la vanne, a le temps de se refroidir avant d'atteindre de nouveau le compartiment supérieur. — Les dimensions des plaques sont les suivantes : plaques principales, 45 × 30 × 1,3 cm ; premières plaques auxiliaires, 45 × 23 × 1,3 cm ; secondes plaques auxiliaires 45 × 14 × 1,3 cm. Ces plaques sont en acier doux. Si la température de l'eau au début est de 20°, celle de l'électrolyte atteint environ 35°, à la première position de la vanne. Au deuxième cran, la température de l'eau est d'environ 30° ; au troisième, on a environ 27°. Une différence de 30 à 70 existe entre les températures des deux compartiments. Remarquons que la manette qui actionne la vanne met également en mouvement le controller de départ, d'arrêt ou d'inversion du moteur. Il est impossible de mettre en marche sans d'abord exciter le transformateur d'alimentation du moteur de la pompe, car les relais contrôlant le moteur du monte-charges sont alimentés par ce dernier transformateur.

P. V.

Un progrès important dans la technique de la galvanisation. — Sous ce titre, l' « Elektroindustrie » du 1er novembre, publie la note suivante empruntée au journal allemand d'électrochimie :

« Pour donner un état métallique à un dépôt galvanique de métal, on est obligé de le polir. On peut obtenir immédiatement un dépôt ayant un éclat métallique, en mélangeant au bain certaines substances organiques. On recommande une addition de glycoside et particulièrement d'extrait de réglisse, dans le cas de zincage. Ce corps permet également d'obtenir un dépôt très brillant de nickel, d'une couleur noirbleu, quand la tension est diminuée fortement pendant le cours de l'électrolyse. » — F. L.

(1) Fred. Dubruiel, *Electrical World*, 14 juillet 1917, t. LXX, p. 64, 700 mots, 1 fig.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Société d'électricité de Paris.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 4 DÉCEMBRE 1917.

La guerre ayant développé l'usage de l'énergie électrique pour la force motrice dans les usines, la Société a dépassé les chiffres de vente d'énergie enregistrés jusqu'ici, mais les résultats financiers ne correspondent pas à ce progrès. Les prix payés par les consommateurs de courant sont limités par des contrats à longue durée ou des cahiers des charges et ne compensent pas la hausse formidable des matières premières.

Le matériel subissant une grande fatigue, il y a intérêt à renouveler les machines afin de diminuer la consommation du charbon; il est presque impossible actuellement de se procurer de puissants groupes électrogènes, mais la Société propose de réserver les sommes nécessaires au fonds de renouvellement.

A l'origine de l'exploitation 1905-1906, la Société a vendu 11960501 kw-h, en 1913-1914, 145350986 kw-h; pendant cet exercice elle a livré 154630937 kw-h.

Les travaux de protection des installations de tableaux contre l'incendie ont été continués; le montage du groupe turbo-alternateur de 2 000 kw, en cours d'exécution l'année dernière, est terminé et le groupe fonctionne.

Le solde créditeur s'élève à 2 568 909,35 fr, après prélèvement des fonds d'amortissement et de renouvellement.

Sur ce bénéfice, 5 pour 100 sont versés à la réserve légale. Un premier dividende de 4 pour 100, soit 10 fr par action, est prélevé ainsi qu'une somme de 77 599,47 fr pour le Conseil d'administration et le directeur. Les actions reçoivent un deuxième dividende de 10 fr et les parts bénéficiaires 33,30 fr. Le dividende total est donc, impôts déduits, de 19 fr par action nominative, de 17,56 fr par action au porteur et de 28,56 fr par part bénéficiaire.

BILAN AU 30 JUIN 1917.

Actif.

		fr
Caisse, banque et débiteurs divers		18 868 453,89
Obligations à la souche		4 030 500 »
Approvisionnements		1 367 223,20
Portefeuille		16 745 874,55
Emission des obligations	1 264 394,70	
Amortissements des obligations	40 813,02	
Différence		1 123 581,68
Premier établissement, usines de Saint Denis	32 688 382,44	
Amortissements	10 079 686,98	
Différence		22 608 695,46
		64 744 328,78

Passif.

	fr
Capital actions	25 000 000 »
Obligations	22 360 000 »
A reporter	47 360 000 »
Report	47 360 000 »
Réserve légale	984 278,54
Fonds de renouvellement du matériel	7 600 000 »
Créditeurs divers	3 098 270,66
Intérêts et dividendes :	
Actions	2 303 521,24
Parts bénéficiaires	399 106,47
Obligations	430 242,52
Solde au 30 juin 1917	2 568 909,35
	64 744 328,78

Compagnie parisienne de l'Air comprimé.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 19 DÉCEMBRE 1917.

La liquidation du Comité de l'Union des Secteurs a procuré à la Compagnie un dernier bénéfice de 100793,33 fr.

L'exploitation d'air comprimé est en perte de 374540,20 fr, le solde précédent était de 315275 fr, soit une différence de 689815 fr sur l'exercice 1915-1916, malgré l'augmentation sensible des recettes d'exploitation.

La cause de cette situation est la hausse générale des prix, spécialement de ceux du combustible. Les dépenses calculées par 1 000 m³ d'air comprimé représentent une augmentation de 384 pour 100 sur une année normale.

Les prix de vente devenant insuffisants, la Société a décidé d'appliquer à la clientèle, au fur et à mesure de l'expiration des polices en cours, un barème variant avec les prix du charbon.

Le solde bénéficiaire, 929131,15 fr, provient exclusivement du règlement de compte avec l'Union des Secteurs d'électricité (100793,33 fr), des produits du portefeuille-titres et de l'emploi des fonds de la Compagnie (1291865,15 fr). Sur ce solde, 5 pour 100 sont versés à la réserve légale et 750 000 fr sont attribués à la distribution d'un dividende de 3 pour 100 aux actions. Le report de l'exercice sera de 132674,59 fr à ajouter au report 569,50 fr de l'exercice 1915-1916. Le dividende est fixé à 15 fr par action.

BILAN AU 30 JUIN 1917.

Actif.

		fr
Dépenses de premier établissement	65 913 059,18	
Amortissement	38 643 595,99	
Différence		27 269 463,19
Mobilier		15 524,90
Droits sur actions à recouvrer		155 663,43
Droits sur parts bénéficiaires à recouvrer		1 255,15
Cautionnements		22 499,15
Espèces en caisse et dans les banques		4 216 364,42
Placements temporaires		13 816 769,40
Portefeuille-titres		10 194 924,60
Parts bénéficiaires rachetées		4 715 065,60
Approvisionnements		842 392,18
Débiteurs divers		1 811 046,66
		63 060 898,68

Digitized by Google

Passif.

	fr
Capital	25 000 000 »
Réserve légale	1 454 624,55
Fonds de réserve extraordinaire	5 404 163.03
Compte spécial d'amortissement du premier établissement	25 425 772,83
Provision pour éventualités diverses	375 000 »
Coupons sur actions restant à payer	1 120 445,17
Coupons sur parts bénéficiaires restant à payer.	39 152,56
Avances sur consommation	541 011,65
Fournisseurs	280 386,44
Créditeurs divers	2 485 571,80
Profits et pertes :	
Anciens	5 639.50
De l'exercice	929 131,15
	63 060 898,68

Energie électrique de la Basse-Loire.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 8 JANVIER 1918.

Le rapport du Conseil d'administration fait observer que le passif à long terme s'élève à 38 millions et demi. La Société doit rembourser cette année 9 millions et demi. Les travaux demandés par le ministère de l'Armement exigeant des immobilisations importantes, le Conseil est amené à consolider cette dette de 22 millions. Pour y arriver il propose de porter le capital actions de 15 à 30 millions de francs et d'émettre 10 millions d'obligations à 6 pour 100. L'augmentation réelle des capitaux ressortirait donc à 3 millions seulement.

Le rapport expose ensuite le projet de participation ouvrière aux bénéfices devant s'élever à 15 pour 100 sur le superdividende mis en paiement après rétribution aux actionnaires des intérêts statutaires, étant entendu que la moitié de cette participation sera affectée à l'acquisition d'actions de la Société jusqu'à concurrence de 10 pour 100 de son capital.

A l'unanimité l'assemblée a ratifié ces propositions, en conséquence le capital social sera porté de 15 à 30 millions de francs par l'émission de 120000 actions de 125 fr chacune.

Ateliers de constructions du Nord et de l'Est (Jeumont).

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 14 JANVIER 1918.

La Société a adopté la résolution suivante constituant l'article 5 de ses statuts : « Le capital est fixé à 40000000 fr divisés en 160000 actions de 250 fr chacune, dont 152588 actions ont été souscrites en numéraire et 7412 attribuées en représentation des apports (article 6).

» Ce capital pourra être augmenté en une ou plusieurs fois par décision d'assemblée générale, il pourra aussi être réduit.

» L'augmentation pourra avoir lieu au moyen de la création d'actions nouvelles, soit ordinaires, soit de priorité, conformément aux lois des 9 juillet 1902 et 16 novembre 1903. »

Le Conseil d'administration est autorisé à porter en une ou plusieurs fois le capital à 50 millions par création de 40000 actions nouvelles de même type que les actions actuellement créées sans recourir à une décision de l'assemblée générale. Celle-ci sera seulement appelée à constater la sincérité de la souscription et des versements.

Revues, analyses et informations

Chambres de Commerce.

Assemblée des Présidents des Chambres de Commerce. — Cette Assemblée s'est réunie à Paris, le 26 novembre 1917, sous la présidence de M. David-Mennet, président de la Chambre de Commerce de Paris.

Le nombre des Chambres représentées était de 105; 19 Chambres s'étaient excusées.

Parmi les vœux émis par cette réunion nous signalerons :

Travail des enfants. — L'Assemblée estime qu'il est urgent de mettre fin rapidement au vagabondage des enfants ayant terminé leur scolarité en leur faisant commencer leur apprentissage ou en leur faisant exercer un métier en rapport avec leurs facultés dès qu'ils sont en âge de travailler. Elle émet le vœu que les Chambres votent le plus tôt possible une loi donnant aux municipalités le moyen d'obliger les jeunes gens qui sont en âge de le faire à s'adonner à un travail régulier, et demande instamment qu'on facilite l'admission des apprentis dans les établissements industriels en décidant que, en aucun cas, leur présence à l'atelier ne pourra être une gêne pour le travail des ouvriers adultes ou en modifier la durée.

Bénéfices de guerre. — L'Assemblée émet le vœu que les Chambres renoncent aux aggravations projetées et que pour l'évaluation forfaitaire du bénéfice normal le taux actuel de 6 pour 100 du capital engagé soit porté à 10 pour 100. Elle émet aussi le vœu que les commerçants aient le droit, pour l'établissement de leur bilan en vue de l'évaluation du bénéfice de guerre, de comprendre dans les frais généraux de l'année la contribution sur les bénéfices de guerre payée pendant cette année. Elle émet encore le vœu que le salaire mensuel fixe du patron et l'intérêt de son capital personnel ne soient pas considérés comme faisant partie du bénéfice net, et, d'une façon plus générale, que les industriels et les commerçants qui choisissent le système de la déclaration forfaitaire ne soient pas déchus de la faculté d'invoquer les règles antérieures de leur bilan.

Banque de France. — L'Assemblée émet le vœu que, dans le plus bref délai, soit renouvelé le privilège de la Banque de France pour 30 ans au minimum et sans modifications.

Questions diverses. — L'Assemblée émet le vœu que la loi relative aux entrepôts de douane, celle tendant au relèvement des tarifs de transports par chemins de fer, la loi sur les dommages de guerre soient votées dans le plus bref délai.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, réglementation

Le nouveau cahier des charges type pour la concession des voies ferrées d'intérêt local [1].

Titre III. — Durée, rachat et déchéance de la concession.

Durée de la concession. — L'article 34 fixera la durée de la concession.

Expiration de la concession. — L'article 35 dispose qu'à l'expiration de la concession, le département sera subrogé de tous les droits du concessionnaire sur les lignes et leurs dépendances, et il entrera immédiatement en jouissance de tous leurs produits.

Le concessionnaire sera tenu de lui remettre en bon état la voie ferrée et toutes les installations fixes nécessaires à à l'exploitation de ladite voie ferrée. Si le concessionnaire ne se mettait pas en mesure de satisfaire entièrement à cette obligation, le département pourrait faire saisir les revenus des cinq dernières années et les employer à la mise en état de la voie ferrée et de ses dépendances.

Le concessionnaire pourra également être tenu de remettre gratuitement au département, et en bon état, certains objets faisant partie du matériel roulant, du mobilier des stations, de l'outillage des ateliers et usines, des approvisionnements, etc., qui auraient été payés par lui, soit au moyen de fonds dont il supporterait ou garantirait l'intérêt et l'amortissement, soit sous la forme de prélèvements sur les recettes entraînant un accroissement de ses charges ou une diminution de la part des produits à lui attribuée par les conventions.

Les objets mobiliers pourront être repris en totalité ou en partie par le département, le prix en sera payé dans les six mois suivant la remise de ces objets au département.

Les installations supplémentaires que le concessionnaire aura établies à ses frais pour la vente de l'énergie électrique à des tiers dans les conditions prévues à l'article 31 *bis* feront retour au département à charge pour lui de verser au concessionnaire une indemnité dont le montant ne pourra être supérieur à la valeur originaire de ces installations, ni inférieur à cette valeur diminuée d'un quinzième par année d'utilisation. Si le département le requiert, le concessionnaire sera tenu de reprendre les approvisionnements et combustibles de tout genre. Si le concessionnaire le requiert, le département devra, réciproquement, reprendre ces approvisionnements sans être obligé de reprendre plus que ce qui serait nécessaire à l'exploitation des voies ferrées pendant une durée de six mois.

Rachat de la concession. — D'après l'article 36, le département aura le droit de racheter la concession au 1er janvier de chaque année.

Si le rachat a lieu avant l'expiration des quinze premières années de l'exploitation, il se fera conformément à l'article 38 de la loi du 31 juillet 1913.

Si le rachat de la concession entière est demandé par le département après l'expiration des quinze premières années de l'exploitation, le prix du rachat sera réglé en relevant les produits nets annuels obtenus par le concessionnaire pendant les sept années qui auront précédé celle du rachat, en y comprenant les annuités qui auront été payées à titre de subvention ; on en déduira les produits nets des deux plus faibles années, et on établira le produit net moyen des cinq autres années.

Ce produit net moyen formera le montant d'une annuité qui sera due et payée au concessionnaire pendant chacune des années restant à courir sur la durée de la concession.

Le montant de l'annuité ne sera, dans aucun cas, inférieur au produit net de la dernière des sept années prises pour terme de comparaison.

Dans les six mois qui suivront le rachat, le concessionnaire recevra le montant de toutes les indemnités auxquelles il aura droit.

A moins de stipulation contraire, le département sera tenu de remplir tous les engagements pris par le concessionnaire vis-à-vis de tiers.

Si l'une des lignes est déclarée d'intérêt général, l'État sera substitué au département dans tous les droits que ce dernier tient de la loi du 31 juillet et du présent cahier des charges.

Déchéance avant le commencement des travaux. — L'article 37 dispose que, si le concessionnaire n'a pas remis ses projets d'exécution ou commencé les travaux dans les délais fixés, il encourra la déchéance après une mise en demeure qui lui sera adressée par le ministre des Travaux publics. La somme qu'il aura versée à titre de cautionnement deviendra la propriété du département.

Déchéance pendant l'exécution des travaux ou en cours d'exploitation. — L'article 38 déclare que le concessionnaire encourra également la déchéance s'il ne poursuit ou ne termine pas les travaux dans les délais fixés, s'il ne remplit pas les diverses obligations du cahier des charges, ou s'il ne se conforme pas aux prescriptions des articles 26, 28 et 33 de la loi du 31 juillet 1913.

Dans le cas de déchéance, il sera pourvu à la continuation et à l'achèvement des travaux, et à l'exécution des divers engagements pris par le concessionnaire au moyen d'une adjudication. La mise à prix sera fixée par le ministre des Travaux publics et des Transports, sur proposition du préfet, et le concessionnaire entendu. L'article 38 fixe les conditions de cette nouvelle adjudication.

Défaut de sécurité ou interruption de l'exploitation. — L'article 39 dispose que, si la sécurité vient à être compro-

[1] *Journal officiel*, 2 décembre 1917, p. 9753. Voir *R. G. E.*, 19 janvier 1918, t. III, p. 115.

Digitized by Google

mise soit par le mauvais état de la voie ou du matériel roulant, soit par le mauvais entretien de la partie de la voie publique dont le concessionnaire doit prendre soin, le préfet prendra immédiatement, aux frais et risques du concessionnaire, toutes les mesures nécessaires pour prévenir tout danger.

S'il y a interruption partielle ou totale de service, le préfet pourra prendre également, aux frais et risques du concessionnaire, les mesures utiles pour assurer une exploitation provisoire.

Dans les deux cas, le ministre adressera au concessionnaire une mise en demeure lui fixant un certain délai pour assurer la sécurité de la circulation, ou reprendre le service ; si au bout de ce délai le concessionnaire ne s'est pas conformé à la mise en demeure, le ministre pourra prononcer la déchéance après avis du Conseil général.

Cas de force majeure. — L'article 30 stipule que les articles 37, 38 et 39 ne seraient pas applicables si le concessionnaire n'avait pu remplir ses obligations pour cause de force majeure dûment constatée.

Titre IV. — Taxes et conditions relatives au transport des voyageurs et des marchandises.

Tarif des droits a percevoir. — L'article 41 devra renfermer un tableau contenant les droits de péage et les prix de transports. Le cahier des charges type, publié par le « Journal officiel », fixe toutes les conditions de péage et de transport par kilomètre pour les voyageurs et marchandises de grande et petite vitesse.

Les prix de transports ne seront perçus que si le concessionnaire effectue ces transports par ses propres moyens et à ses frais, dans le cas contraire il ne toucherait que le droit de péage.

Tout kilomètre entamé sera payé en entier. Si la distance parcourue est inférieure à un certain nombre de kilomètres, elle sera comptée pour un nombre de kilomètres qu'on déterminera dans chaque cas.

Si la concession est accordée pour un réseau de tramways urbains comportant des tarifs établis par zone, toute zone entamée sera payée comme si elle était parcourue en entier.

Le tableau des distances entre les divers points d'arrêt sera dressé contradictoirement par le concessionnaire et les ingénieurs du contrôle.

Dans le cas d'un voyageur pris ou laissé en route, on ne pourra percevoir un prix supérieur à celui prévu pour la distance complète qui sépare les points d'arrêt entre lesquels le parcours a été effectué.

Les fractions de poids ne seront comptées, tant pour la grande que pour la petite vitesse, que par fraction de 10 kg.

Pour les excédents de bagages et les marchandises à grande vitesse, les coupures seront établies : 1° de 0 à 5 kg ; 2° au-dessus de 5 jusqu'à 10 kg ; 3° au-dessus de 10 kg par fraction indivisible de 10 kg.

En aucun cas, le prix d'une expédition quelconque ne pourra être inférieure à 0,40 fr.

Composition des trains. — L'article 42 décide que tout train régulier devra contenir des voitures ou compartiments de toutes classes en nombre suffisant pour toutes les personnes qui se présenteraient.

Bagages. — L'article 43 accorde au voyageur la faculté de ne payer aucun supplément de prix pour un bagage ne dépassant pas le poids de 30 kg ; pour les enfants ne payant que moitié prix, le poids sera réduit à 20 kg, la franchise n'existe pas pour les enfants transportés gratuitement. On pourra n'admettre comme bagages que certains objets tels que ceux destinés à l'usage personnel du voyageur.

Assimilation des classes de marchandises. — L'article 44 déclare que les marchandises non dénommées dans le tableau des tarifs devront être rangées pour les droits à percevoir dans la classe offrant le plus d'analogie avec elles, en aucun cas la taxe perçue ne devra être supérieure à celle de la première classe.

Transport de masses indivisibles. — L'article 45 décide que le concessionnaire sera forcé de transporter les masses indivisibles pesant de 3 000 à 5 000 kg, mais les droits de péage et les prix de transport seront augmentés de moitié. Il pourra refuser de transporter les masses indivisibles pesant plus de 5 000 kg ; s'il en transporte, il sera forcé d'accorder les mêmes facilités à tous ceux qui en feront la demande pendant les trois mois qui suivront le premier transport dépassant 5 000 kg. Les prix de transport de telles masses seront fixés par l'administration sur la proposition du concessionnaire. Si la ligne n'est ouverte qu'au transport des colis de messagerie, on devra fixer les limites de poids et de dimensions de chaque colis.

Tarif exceptionnel. Envoi par groupes. — L'article 46 stipule que les prix de transport indiqués aux tarifs ne sont pas applicables aux objets non cités dans le tarif et dont le poids n'excéderait pas 200 kg : m³, aux matières inflammables ou explosibles, aux animaux et objets dangereux (si la voie ferrée n'est ouverte qu'au service des voyageurs et aux messageries, le concessionnaire pourra refuser les objets dont le transport est interdit dans les trains de voyageurs) ; aux animaux dont la valeur déclarée dépasserait 5 000 fr ; aux bijoux, matières précieuses, objets d'art, et en général à tous les paquets, colis ou excédents de bagages pesant isolément 30 kg et au-dessous. Cependant, on appliquera les prix de transport du tarif à tous les paquets ou colis qui, quoique emballés à part, font partie d'un ensemble pesant plus de 30 kg envoyé par une même personne à une même personne, ainsi qu'aux excédents de bagages pesant ensemble ou isolément plus de 30 kg.

Ces dispositions ne s'appliquent pas aux entreprises de messageries et de roulage, à moins que les objets envoyés par elles soient réunis dans un même colis. Dans les cas examinés ci-dessus, les prix de transport seront fixés annuellement, soit par le ministre des Travaux publics, soit par le préfet. Les prix de transport des objets ou excédents de bagages pesant 30 kg ou au-dessous ne devront jamais dépasser celui d'objets similaires pesant plus de 30 kg.

Abaissement des tarifs. — L'article 47 autorise le concessionnaire à abaisser, avec ou sans conditions, pour un parcours déterminé, les taxes qu'il est autorisé à percevoir d'après le tarif. Toute modification de tarif devra être affichée un mois à l'avance, les taxes abaissées ne pourront être relevées qu'après un délai de trois mois pour les voyageurs et d'un an au moins pour les marchandises. Toute modification de tarif devra être soumise à l'homologation du préfet ou du ministre. Tout traité particulier en faveur d'un ou plusieurs expéditeurs est formellement interdit ; exception est faite pour les traités entre le gouvernement et le concessionnaire.

Exécution des transports. — L'article 48 fixe les conditions dans lesquelles seront faites les expéditions et force le

Digitized by Google

concessionnaire à enregistrer les départs et les arrivées des marchandises sur des registres spéciaux. Toute expédition sera constatée soit par une lettre de voiture ou par un récépissé qui énoncera la nature, le poids du colis, le prix du transport et le délai de ce transport.

Délais de livraison. — L'article 49 détermine les délais de livraison pour les diverses marchandises pour la grande ou la petite vitesse.

Frais accessoires. — L'article 50 décide que les frais accessoires seront fixés annuellement par le préfet ou le ministre des Travaux publics sur la proposition du concessionnaire.

Camionnage. — Le concessionnaire sera tenu de faire, par lui-même ou par un intermédiaire dont il répondra, le factage et le camionnage pour la remise à domicile des colis et marchandises. Cependant le factage et le camionnage ne seront point obligatoires en dehors du rayon de l'octroi, ni pour les gares qui desserviraient soit une agglomération de moins de cinq mille habitants, soit un centre de plus de cinq mille habitants situé à plus de 5 km de la gare. Les tarifs de factage et de camionnage seront fixés par le préfet sur la proposition du concessionnaire.

Traités particuliers. — L'article 52 interdit au concessionnaire tout traité particulier à moins d'autorisation spéciale du préfet.

Titre V. — Stipulations relatives à divers services publics.

Fonctionnaires ou agents admis a circuler gratuitement. — L'article 53 désigne les diverses catégories de fonctionnaires ou d'agents qui seront transportés gratuitement sur présentation de leur carte.

Anciens militaires. — L'article 53 *bis* réserve le quart des emplois de début vacants dans le personnel de la voie ferrée aux anciens militaires.

Militaires et marins. — L'article 54 stipule que le concessionnaire sera tenu de mettre tous ses moyens de transport à la disposition du gouvernement pour le transport de troupes et de matériel militaire ou naval, et fixe les conditions dans lesquelles sera versé le prix du transport.

Transport des prisonniers. — L'article 55 fixe les conditions dans lesquelles le concessionnaire devra effectuer le transport des prisonniers.

Service des postes et des télégraphes. — L'article 56 impose au concessionnaire d'assurer le transport des lettres et des dépêches et fixe les conditions dans lesquelles il devra satisfaire à cette obligation. L'article 56 comporte deux rédactions, la première est applicable aux concessions de voies ferrées d'intérêt local affectées au service des voyageurs et des marchandises, la deuxième applicable aux concessions de voies ferrées d'intérêt local exclusivement affectées au transport des voyageurs.

Lignes télégraphiques et téléphoniques. — L'article 57 décide que le concessionnaire sera tenu d'établir, s'il en est requis par le ministre des Travaux publics et des Transports, les lignes et appareils électriques destinés à transmettre les signaux nécessaires pour la sûreté et la régularité de son exploitation; il devra toutefois obtenir l'autorisation réglementaire avant de commencer les travaux; tous les frais d'établissement et d'entretien de ces lignes seront à la charge du concessionnaire. Celui-ci pourra, avec autorisation du ministre des Postes et des Télégraphes, se servir des poteaux appartenant à l'administration des Postes et Télégraphes qui seraient placés le long de sa ligne, réciproquement l'administration des Postes et des Télégraphes pourra utiliser les poteaux établis par le concessionnaire. Ce dernier devra respecter tous les règlements concernant l'établissement et l'emploi de lignes électriques.

Le gouvernement pourra faire, le long de la voie ferrée, toutes les constructions nécessaires pour l'établissement d'une ou plusieurs lignes télégraphiques ou téléphoniques, pourvu qu'il ne gêne pas l'exploitation de la ligne.

Le concessionnaire devra, s'il y a lieu, réserver près des stations le terrain nécessaire à l'établissement d'un bureau télégraphique ou téléphonique. Il devra également assurer la garde et la surveillance des lignes électriques de l'Etat. En cas de rupture de ces lignes, il devra exécuter, suivant les indications qu'il aura reçues, une ligature provisoire entre les deux bouts séparés.

En cas de rupture des fils électriques de l'Etat, le concessionnaire sera tenu de mettre une locomotive à la disposition du service intéressé pour transporter sur le lieu de l'accident les hommes et le matériel nécessaires à la réparation, il recevra une indemnité de 0,50 fr : km parcouru par la machine s'il n'est pas cause du dommage causé à la ligne de l'Etat.

Lorsque les travaux exécutés par le concessionnaire nécessiteront un déplacement des lignes de l'Etat, les frais seront supportés par le concessionnaire.

Le concessionnaire devra également transmettre par ses propres lignes tous les télégrammes officiels qu'on lui présentera, il pourra être requis, dans certaines conditions, d'ouvrir au service de la télégraphie privée certaines stations de la ligne.

Titre VI. — Clauses diverses.

Constructions de nouvelles voies de communication et modifications des voies empruntées. — L'article 58 décide qu'en cas de travaux de toutes sortes autorisés par l'Etat, le département ou les communes qui traverseraient la voie ferrée ou nécessiteraient de modifier les transmissions d'énergie établies en vue de la traction électrique, le concessionnaire ne pourra s'opposer à ces travaux, mais toutes les dispositions seront prises pour qu'il n'en résulte aucun obstacle à la construction ou au service de la voie ferrée, ni aucun frais pour le concessionnaire.

Etablissement ultérieur de nouvelles voies de communication. — L'article 59 décide que l'ouverture de toute nouvelle voie de communication dans la contrée où sont situées les voies ferrées faisant l'objet de la concession ou dans une autre région, ne pourra donner ouverture à aucune demande d'indemnité de la part du concessionnaire.

Etablissement de voies ferrées d'embranchement et de prolongement. — *Art. 60.* — A. *Création des voies ferrées.* — Le concessionnaire ne pourra s'opposer ni réclamer d'indemnité si l'Etat, le département ou les communes établissaient de nouvelles voies ferrées qui s'embrancheraient ou prolongeraient les voies ferrées faisant l'objet de la concession, pourvu qu'il n'en résulte aucun obstacle à la

Digitized by Google

circulation, ni aucun frais particulier pour le concessionnaire.

B. *Circulation sur les troncs communs.* — Les concessionnaires des lignes d'embranchement ou de prolongement auront la faculté de faire circuler leurs voitures, wagons et machines sur les lignes faisant l'objet de la concession; cette faculté sera réciproque, toutefois le concessionnaire de la voie empruntée ne pourra être tenu à admettre sur ses rails un matériel dont le poids serait hors de proportion avec les éléments constitutifs de ses voies.

L'emprunteur paiera, à titre de rémunération pour l'usage des voies empruntées, le prix du péage compris dans les tarifs homologués pour les voyageurs et les marchandises transportés et pour le nombre d'hectomètres réellement parcourus; tout hectomètre entamé étant considéré comme parcouru. Il ne sera rien ajouté à ce péage pour le matériel employé au transport. Cependant le concessionnaire de la section empruntée pourra établir, pour le passage de toute locomotive ou de tout train chargé ou vide, un minimum de perception atteignant par hectomètre parcouru ou entamé: 1 centime pour les tramways urbains, 2 millimes pour les autres voies ferrées par véhicule d'un poids inférieur à 6 t; 2 centimes pour les tramways urbains; 5 millimes pour les autres voies ferrées par véhicule de poids supérieur à 6 t.

Le paiement du péage ne donnera pas à l'emprunteur le droit de desservir le trafic local sur la voie empruntée, sauf dans le cas de tramways urbains, sur réquisition de l'autorité concédante et moyennant une indemnité versée au concessionnaire de la ligne empruntée.

C. *Continuité du service.* — Dans le cas où un concessionnaire d'embranchement ou de prolongement n'userait pas de la faculté de circuler sur les lignes faisant l'objet de la présente concession, ou réciproquement, les concessionnaires devront s'entendre pour que le service ne soit jamais interrompu aux points de jonction des diverses lignes.

Si un des concessionnaires utilise un matériel ne lui appartenant pas, il devra payer une indemnité en rapport avec l'usage et la détérioration de ce matériel.

D. *Gares communes et de raccordement.* — Le concessionnaire de la voie empruntée pourra être obligé par l'autorité compétente de partager avec les concessionnaires emprunteurs l'usage des stations établies à l'origine des voies ferrées d'embranchement ou de prolongement et de faciliter, autant que possible, le transbordement des voyageurs et des marchandises. Le partage des frais résultant de l'usage commun des gares devra être fait équitablement.

E. *Installations communes de traction électrique.* — Le concessionnaire de la voie empruntée sera tenu, si le ministre des Travaux publics et des Transports le prescrit et à condition qu'il n'en résulte, pour son exploitation, aucune gêne ni aucun trouble, notamment au point de vue de l'induction et de l'électrolyse, de mettre à la disposition des concessionnaires emprunteurs les installations aériennes et souterraines et les circuits aller et retour servant à la transmission de l'énergie électrique, et, s'il y a lieu, de livrer à l'emprunteur les excédents disponibles de son usine génératrice. Dans ce cas le prix de fourniture de l'énergie sera basé sur le prix de vente des excédents à des tiers, s'il y a vente à des tiers; dans le cas contraire, le prix sera fixé par voie d'arbitrage.

Embranchements industriels. — *Art. 61.* — A. *Etablissement et entretien des embranchements.* — Le concessionnaire devra s'entendre avec toute personne qui demanderait un embranchement.

Les embranchements seront construits aux frais des demandeurs et établis de telle façon qu'il n'en résulte aucune entrave à la circulation générale, aucune cause d'avarie pour le matériel, ni frais particuliers pour le concessionnaire. Ils devront être entretenus avec soin aux frais de leurs propriétaires; le concessionnaire pourra les faire surveiller ainsi que l'emploi de son matériel sur ces embranchements.

A tout moment le préfet pourra leur faire subir des modifications qui seront aux frais de leurs propriétaires.

B. *Fourniture du matériel.* — Le concessionnaire sera tenu de fournir le matériel aux propriétaires des embranchements, il amènera des wagons jusqu'à l'entrée des embranchements où les expéditeurs et destinataires devront venir les chercher et les ramener à leurs frais, sans pouvoir les utiliser que pour le transport de marchandises destinées à la voie principale. Quand l'embranchement n'aura pas plus d'un kilomètre de longueur, les wagons n'y pourront séjourner plus de six heures, ce temps pourra être augmenté d'une demi-heure par kilomètre au-dessus du premier, non compris les heures de nuit depuis le coucher jusqu'au lever du soleil. Si les limites de temps sont dépassées, le concessionnaire pourra exiger une indemnité égale au droit de loyer des wagons.

C. *Obligations du propriétaire de l'embranchement.* — Les dépenses qui pourraient résulter de la surveillance et du gardiennage des aiguilles et des barrières d'embranchements industriels seront à la charge des propriétaires des embranchements, mais les gardiens seront nommés et payés par le concessionnaire. Les propriétaires des embranchements seront responsables des avaries que le matériel pourrait éprouver pendant son parcours ou son séjour sur ces lignes; s'ils ne respectent pas les conditions qui leur auront été imposées, on pourra suspendre le service sur leurs embranchements et supprimer la soudure avec la ligne.

D. *Tarifs à percevoir pour le matériel prêté.* — Le concessionnaire percevra, comme indemnité de fourniture et d'envoi de matériel, un prix de 12 centimes par tonne pour le premier kilomètre, et en outre 4 centimes par tonne et par kilomètre en sus du premier, lorsque la longueur de l'embranchement dépassera un kilomètre. Le chargement et le déchargement seront aux frais des expéditeurs ou destinataires. Tout wagon, même incomplètement chargé, sera payé comme un wagon complet; s'il y a surcharge, elle sera payée au prix du tarif légal et au prorata du poids réel. Le concessionnaire pourra refuser les chargements dépassant un certain poids qui seraient incompatibles avec les dimensions des wagons.

* * *

Les articles 62 à 69 qui terminent le cahier des charges type sont relatifs à la contribution foncière, aux agents du concessionnaire, aux frais de contrôle, au cautionnement, aux pénalités, à l'élection de domicile, au jugement des contestations et aux frais d'enregistrement. Nous n'analyserons pas ces articles qui ne présentent aucune particularité.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 5. — 2 FÉVRIER 1918.

Chronique. — Lampes portatives à magnéto. — Unification des tensions de distribution et de transmission. — Bibliographie : Actions physiologiques et dangers des courants électriques, p. 161-162.

Section scientifique et technique. — Sur la réaction d'induit dans les commutatrices, par BADEY, p. 163. — Revues, analyses et informations : Polarisation cathodique dans un gaz fortement ionisé, p. 171.

Section industrielle. — La soudure électrique et son état actuel, par Jean GUERNER, p. 173. — Les postes, télégraphes et téléphones aux Etats-Unis, par J.-B. POMEY, p. 182. — Des transports aériens pour la manutention des matières premières dans l'industrie, par F. SÉBA, p. 184. — Revues, analyses et informations : L'exploitation des lignites en France, p. 193.

Section de législation. — La loi de finances au 31 décembre 1917 et ses innovations fiscales, par Paul BOUGAULT, p. 195. — Législation, jurisprudence, réglementation; Arrêté abrogeant, en ce qui concerne les charbons pour l'électricité, les dispositions de l'arrêté du 24 février 1915 relatif à des dérogations aux prohibitions de sortie, p. 200; Décret instituant une Commission chargée d'examiner les questions d'ordre général se rapportant à l'exploitation de la télégraphie sans fil et de préparer les dispositions législatives ou administratives propres à réaliser l'organisation rationnelle du service radiotélégraphique, p. 200; Décret portant création, à l'Académie des Sciences, d'une division ayant pour titre « Application de la science à l'industrie », p. 200 : Loi modifiant la loi du 17 juin 1913 sur le repos des femmes en couches, p. 200.

Lampes portatives à magnéto. — Nos lecteurs connaissent pour les avoir employées ces petites lampes de poche dont la durée, hélas, n'est que trop éphémère parce qu'elles sont basées sur l'emploi de piles dites « sèches » qui ne marchent que tant qu'elles sont humides.

Formées généralement de trois éléments au bioxyde de manganèse avec comme électrolyte un liquide à base de chlorhydrate d'ammoniac et de chlorure de zinc immobilisé par divers corps tels que la fécule, la gélose, etc., ces piles arrivent à fournir lorsqu'elles sont de bonne qualité, ce qui n'est pas toujours le cas, environ quarante à cinquante minutes de lumière continue. Après ce laps de temps, on doit les remplacer et jeter ainsi une quantité de matériaux dont la valeur n'est pas négligeable par le temps qui court puisque le zinc qui forme l'enveloppe extérieure est à peine attaqué et que le bioxyde de manganèse est loin d'avoir été complètement intéressé par l'action chimique.

Il y a plus encore, si l'on conserve en magasin ces piles dites « sèches » on s'aperçoit au bout de quelques mois qu'elles ne donnent plus rien parce qu'elles sont vraiment sèches ou ont été mises en court-circuit par l'humidité qui imprègne parfois la cloison de carton séparant les éléments, tous les éléments de ce genre doivent être jetés, il y a gaspillage.

La question est cependant importante puisque les armées consomment des milliers de ces éléments et elle vaut la peine d'être étudiée de près; aussi nous demandons-nous s'il ne vaudrait pas mieux « changer son fusil d'épaule » et remplacer la pile, qui n'a qu'une durée limitée, par une magnéto mue par un ressort que l'on armerait à l'aide d'une gachette comparable comme forme à la gachette d'un revolver.

L'idée n'est pas nouvelle, on a fait de petits ventilateurs mécaniques basés sur ce principe et sur les champs de bataille de la Somme on a trouvé des lampes portatives employées par les armées austro-allemandes, utilisant uniquement la détente d'un ressort que l'on remonte à la main de temps en temps.

Le problème, loin d'être insoluble comme on le voit, demande à être étudié de près car il y a là un débouché énorme, tout le monde comprenant le besoin qu'il y a d'avoir à soi une source de lumière si minime soit-elle, marchant indéfiniment et remplacer, pour s'éclairer quelques instants, les briquets à essence ou les allumettes qui n'ont souvent d'allumettes que le nom.

Si l'on songe que les lampes de poche actuellement en service ne consomment guère plus de 0,2 A sous 3 v, soit 0,6 w, on se rendra compte qu'il soit possible de faire fournir à la main de l'opérateur une puissance aussi minime (on admet qu'un homme tournant une ma-

Digitized by Google

nivelle peut développer une puissance continue de 100 w.

Naturellement, la magnéto que nous proposons n'aura pas très bon rendement et l'on devra éviter d'avoir des organes tournant à de très grandes vitesses, de façon à ne pas perdre dans les frottements une grande partie de l'énergie. Bien entendu, on supprimera tout collecteur et tous balais, il suffira de réaliser un petit alternateur à induit fixe et aimant mobile, en s'inspirant par exemple de la disposition des petits moteurs synchrones des oscillographes Blondel qui comportent un certain nombre de bobines radiales, 8 par exemple, autour desquelles tourne un aimant. Pour avoir un équilibrage parfait, on peut même prendre un aimant circulaire dans le genre de celui des récepteurs Ader, qui tournera autour des bobines fixes disposées à l'intérieur.

Cette disposition a l'avantage de terminer le dernier mobile du mécanisme par un volant, ce qui ne peut que contribuer à accroître la régularité de la lumière ainsi obtenue.

Dans tout ceci, nous n'avons donné qu'une esquisse du procédé que l'on peut employer, mais nous sommes persuadés que nos constructeurs feront le reste s'ils veulent bien étudier la question; répétons-le, elle en vaut la peine. — A. S.

Unification des tensions de distribution et de transmission. — Dans le numéro du 19 janvier, nous avons indiqué, page 82, les valeurs proposées pour ces tensions par le Syndicat professionnel des Producteurs et distributeurs d'énergie électrique. Malheureusement, une coquille d'impression nous a fait publier 5 000 v au lieu de 5 500 v et une omission a été commise pour la tension de 13 500 v.

Dans sa séance du jeudi 24 janvier, le Comité électrotechnique français a, après discussion, adopté les propositions du Syndicat.

Les tensions recommandées sont donc :

pour la distribution par courant continu

115 230 et 460 volts;

pour la distribution par courant alternatif simple

115 et 230 volts;

pour la distribution par courant triphasé

115, 200, 500, 1 000, 3 000, 5 500, 10 000, 13 500, 15 000, 22 000, 30 000 v;

pour la transmission

45 000, 60 000, 75 000, 90 000, 120 000 v.

Par tension de distribution il faut entendre la tension moyenne entre bornes des appareils d'utilisation de l'énergie électrique; et par tension de transmission, la tension au départ de l'usine génératrice.

Bibliographie : Actions physiologiques et dangers des courants électriques, par J. Rodet, ingénieur des Arts et Manufactures (1). — Le volume est divisé en six chapitres; dans le premier, l'auteur examine les diverses actions physiologiques des courants électriques sur l'organisme et en particulier sur le système nerveux, il consacre plusieurs pages à l'étude des actions physiologiques des courants de haute fréquence et des courants interrompus. Dans le second chapitre, il étudie les danger que présente le courant électrique pour l'homme et les animaux, la nature des lésions que l'énergie électrique est capable de produire sur l'organisme et les conditions dans lesquelles elle peut donner la mort. Il montre qu'il est assez difficile de classer les tensions en diverses catégories d'après le danger qu'elles présentent pour la vie, l'effet d'un courant électrique dépendant en très grande partie de la nature du contact entre l'individu et le corps sous tension; l'auteur cite des exemples où des ouvriers ont touché des lignes de 10 000 v sans que la mort s'ensuive, et d'autres, au contraire, dans des cas de contact très défavorables où une tension de 95 v a suffi pour tuer un homme; il indique également que dans certains cas la durée du contact du corps avec la source d'énergie joue un rôle important dans la gravité de l'accident. Dans le troisième chapitre l'auteur décrit des expériences qui ont été faites sur deux chevaux et un mulet par le professeur Arloing, directeur de l'École vétérinaire de Lyon à la suite d'accidents survenus à Paris sur des lignes de tramways à contact superficiel. Ces expériences très intéressantes montrent d'une façon très nette l'influence de la nature et de la durée du contact. Le chapitre quatrième est consacré à la monographie d'un certain nombre d'accidents. Le but de l'auteur, en faisant cette description d'accidents, a été de montrer surtout les dispositions à prendre pour éviter tout danger pour soi-même et pour le personnel qu'on pourrait avoir à diriger. Dans un cinquième chapitre, M. J. Rodet étudie les précautions à prendre et les dispositifs que l'on peut adopter pour réduire autant que possible les accidents dus au courant électrique. Enfin, dans le dernier chapitre, l'auteur décrit les soins à donner aux électrocutés et, en particulier, les méthodes de respiration artificielle de Sylvester et de Schaefer. Le livre de M. J. Rodet est destiné à rendre de grands services aux agents chargés de l'exploitation des installations à haute tension, et même au public, tant par les précautions qu'il indique de prendre que par les traitements qu'il fait connaître.

(1) Un volume 25 × 16 cm, 87 pages, 7 fig., édité par Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins, Paris, (VIe), prix : 3,25 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur la réaction d'induit dans les commutatrices

La réaction d'induit dans les commutatrices n'est pas négligeable; elle peut se décomposer en deux parties, l'une fixe, l'autre oscillante; la première, exprimée en fonction des ampères-tours de courant continu, intervient dans le fonctionnement au même titre que la réaction atténuée d'un induit à courant continu; la seconde doit être amortie, ou atténuée par les dispositions de la machine.

On sait que, dans les commutatrices, les réactions d'induit dues au courant continu et au courant alternatif ne s'équilibrent pas complètement. Les indications données par divers auteurs n'étant pas concordantes, nous n'avons pas cru inutile de revoir la question.

1° Cas théorique d'un nombre infini de phases et d'un champ inducteur sinusoïdal — Soit

I_c l'intensité du courant continu.

I_a l'intensité efficace par phase.

n le nombre de spires d'induit.

(Nous considérons un induit bipolaire, en tambour lisse et à pas diamétral; nous supposons que les courants alternatifs sont sinusoïdaux et en phase avec les tensions, et nous négligeons les pertes.)

La force magnétomotrice, pour un pôle, du champ d'induit dû au courant continu sera représentée par un triangle ayant pour base la demi-circonférence d'induit développée et pour hauteur une ordonnée proportionnelle à

$$\frac{n}{2} \times \frac{I_c}{2} = \frac{n I_c}{4}.$$

Chacune des phases produit un champ sinusoïdal dans le temps et d'intensité maximum

$$\frac{n}{q} I_{a\max} = \frac{n}{q} I_a \sqrt{2}.$$

Ces champs, pour un nombre de phases infini, sont rectangulaires dans l'espace et seuls peuvent se composer en champ tournant leurs harmoniques fondamentaux, dont l'amplitude est

$$\frac{4}{\pi} \frac{n}{q} I_a \sqrt{2}.$$

Le champ tournant résultant aura donc pour ordonnée maximum

$$\frac{1}{2} q \frac{4}{\pi} \frac{n}{q} I_a \sqrt{2} = \frac{2}{\pi} n I_a \sqrt{2} \text{ pour 2 pôles,}$$

soit

$$\frac{n I_a \sqrt{2}}{\pi} \text{ par pôle.}$$

Le courant dans une phase, en fonction du courant continu total I_c (et pour un facteur de puissance et un rendement égaux à l'unité) est

$$I_n = \frac{I_c \sqrt{2}}{q \sin \frac{\pi}{q}},$$

pour $q = \infty$ l'expression $q \sin \frac{\pi}{q} = \pi$.

L'ordonnée maximum du champ tournant est donc

$$\frac{2}{\pi^2} n I_c = \frac{n I_c}{4} \times \frac{8}{\pi^2}.$$

Les composantes des harmoniques supérieurs des ondes rectangulaires des forces magnétomotrices des phases s'annulent pour $q = \infty$. Il serait aisé de le démontrer.

Nous n'avons donc plus en présence que le champ triangulaire et le champ tournant sinusoïdal rendu fixe par la rotation de l'induit, représentés par la figure 1 et dont la différence est la courbe 3 de la même figure, représentant la réaction résultante exprimée en fonction des ampères-tours continus.

L'excès des ampères-tours continus sur les ampères-tours alternatifs dans la ligne des balais est

$$\left(1 - \frac{8}{\pi^2}\right) \frac{n I_c}{4} = 0{,}19 \frac{n I_c}{4},$$

soit 19 pour 100 des ampères-tours continus.

La valeur moyenne du champ continu de réaction est pour un pôle

$$\frac{n I_c}{8}$$

Digitized by Google

et celle du champ tournant

$$\frac{nI_c}{4} \times \frac{8}{\pi^2} \times \frac{2}{\pi} = \frac{16}{\pi^3} \frac{nI_c}{4}.$$

Ces deux valeurs ne sont pas tout à fait égales.

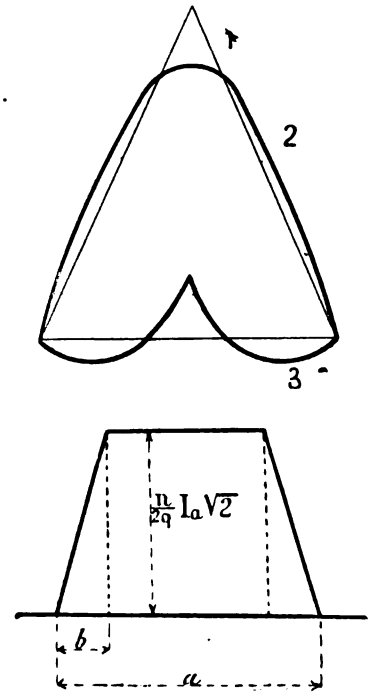


Fig. 1.

Le champ tournant moyen dépasse le champ continu moyen de

$$\frac{nI_c}{4}\left(\frac{16}{\pi^2} - \frac{1}{2}\right) = 0{,}018\ \frac{nI_c}{4},$$

soit 1,8 pour 100 des ampères-tours continus.

Laissons ce cas théorique et examinons les commutatrices employées pratiquement.

2° **Cas d'un nombre fini de phases avec champ inducteur sinusoïdal.** — Les intensités et tensions polyphasées sont supposées sinusoïdales.

Dans ce cas, la réaction des courants polyphasés sera la somme d'un champ tournant sinusoïdal rendu fixe par la rotation de l'induit, et de champs alternatifs dont la fréquence sera égale au produit de la fréquence fondamentale par le double du nombre de phases si ce nombre est impair, ou seulement par ce nombre s'il est pair.

Le champ tournant sera le même quel que soit le nombre de phases.

Chaque phase, en effet, produit un champ trapézoïdal dans l'espace, dont l'ordonnée maximum est représentée par

$$\frac{n}{2q} I_a \sqrt{2} \text{ (pour 1 pôle)}$$

et dont l'harmonique fondamental a pour valeur

$$\frac{n}{2q} I_a \sqrt{2} \times \frac{2}{\pi^2 \times \frac{b}{2a}} \sin \frac{2\pi}{2\frac{a}{b}}.$$

Pour q phases, b est contenu q fois dans a et $\frac{b}{2a} = \frac{1}{2q}$; d'autre part

$$I_a \sqrt{2} = \frac{2 I_c}{q \sin \frac{\pi}{q}}.$$

Le champ tournant est donc

$$\frac{q}{2} \times \frac{n}{2q} \times \frac{2 I_c}{q \sin \frac{\pi}{q}} \times \frac{2}{2 \times \frac{1}{2q}} \sin \frac{2\pi}{2q} = \frac{nI_c}{4} \times \frac{8}{\pi^2},$$

valeur trouvée précédemment pour $q = \infty$.

Les champs ondulatoires seront produits par les composantes des harmoniques supérieurs, qui ne peuvent constituer des champs tournants.

Au lieu de déterminer ces composantes, il est plus intéressant de déterminer les formes réelles du champ total et du champ résultant à différents instants pour différents nombres de phases.

Ces formes réelles sont représentées :

1° A l'instant où le milieu d'une phase est dans la ligne neutre ;

2° Après une rotation de l'induit de $\frac{\pi}{2q}$ ou $\frac{\pi}{q}$ suivant que le nombre de phases est impair ou pair, par les figures suivantes :

Commutatrice 3 phases	2 et 3
Commutatrice 6 phases	4 et 5
Commutatrice 9 phases	6 et 7
Commutatrice 4 bagues	11 et 12
Commutatrice 8 bagues	13 et 14

Les champs résultants dans ces deux positions où ils atteignent leurs valeurs extrêmes dans la ligne neutre, sont représentés par la figure 8, pour les commutatrices à 3 et 6 phases (dont les champs résultants ont les mêmes valeurs) par la figure 9 pour la commutatrice à 9 phases et figure 10 pour 12 phases. Les figures 11, 12, 13 et 14 indiquent ces champs pour 4 et 8 bagues.

3° **Cas de la commutatrice monophasée.** — En la considérant comme une commutatrice à deux demi-phases, on peut la faire rentrer dans le cas général.

Digitized by Google

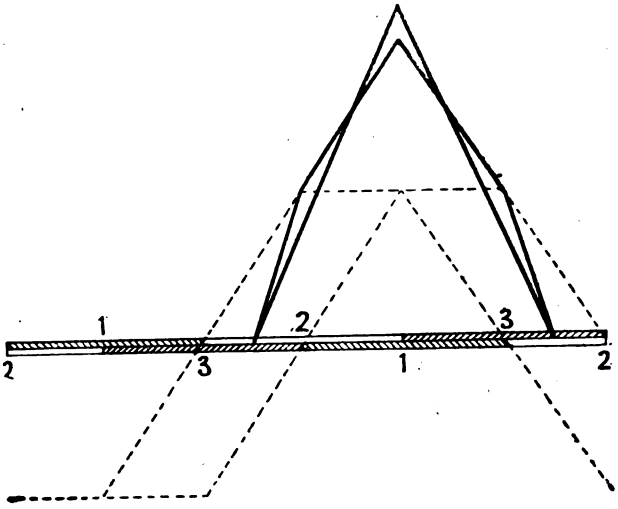


Fig. 2.

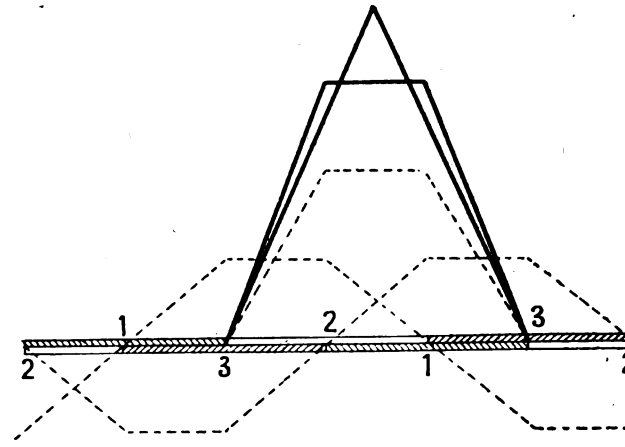


Fig. 3.

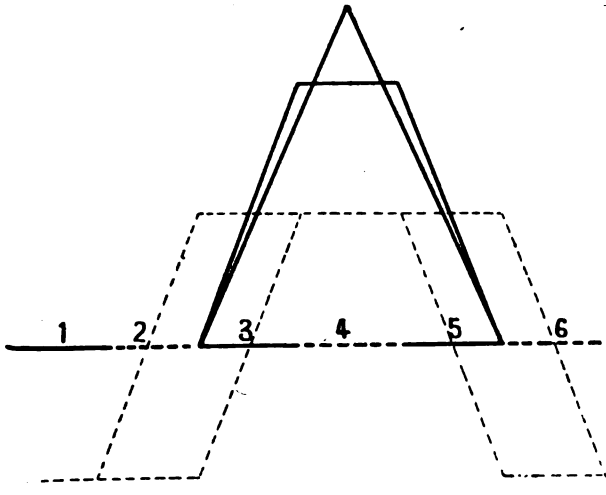


Fig. 4.

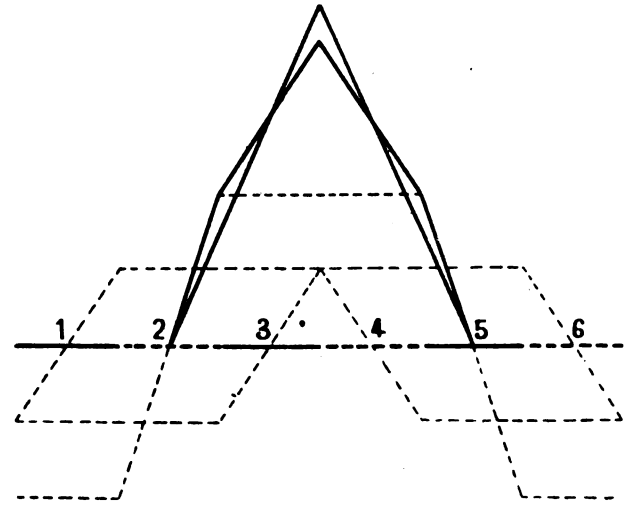


Fig. 5

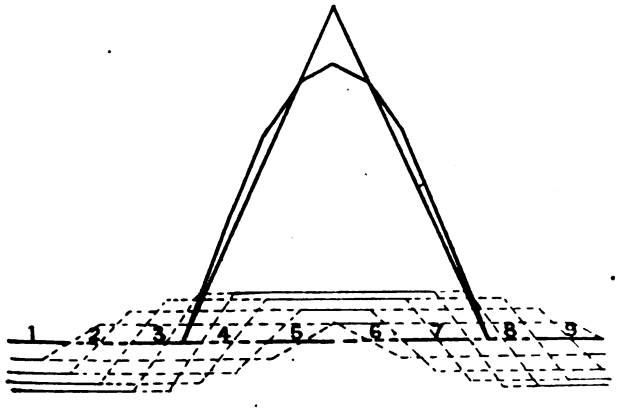


Fig. 6.

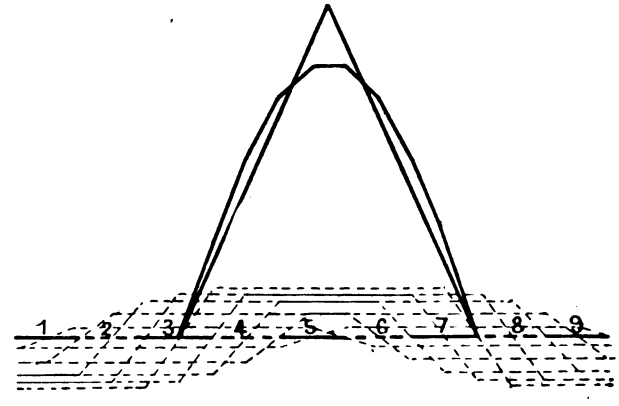


Fig. 7.

Digitized by Google

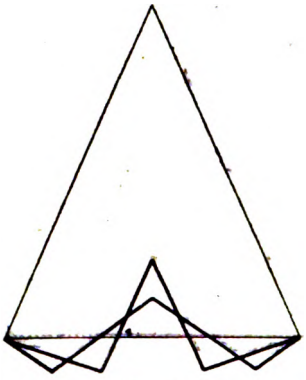


Fig. 8.

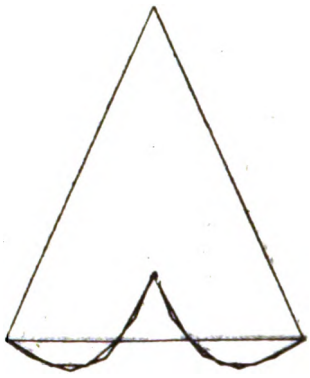


Fig. 9.

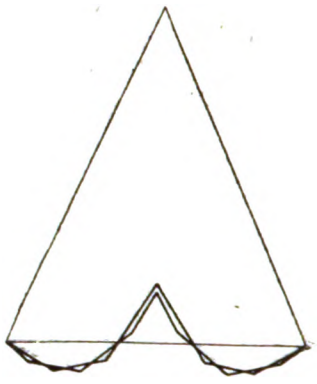


Fig. 10.

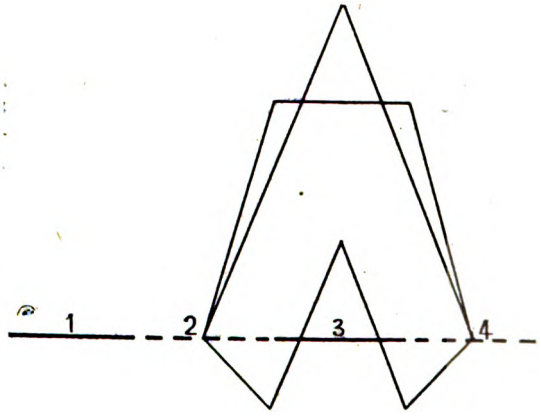


Fig. 11.

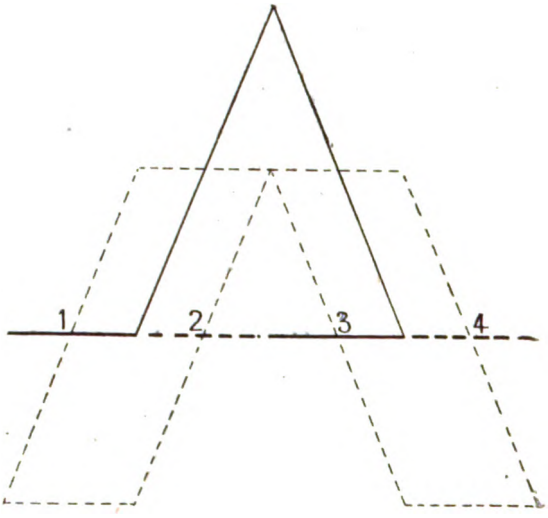


Fig. 12.

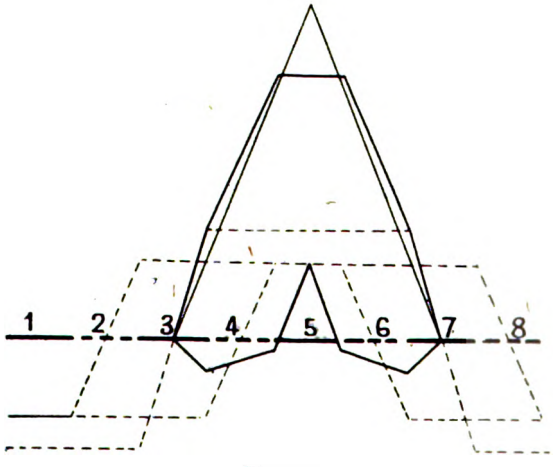


Fig. 13.

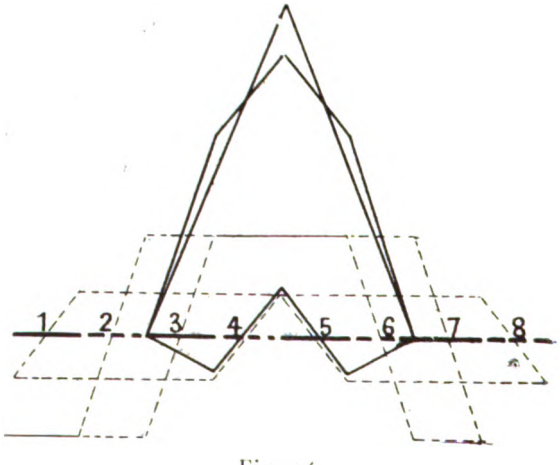


Fig. 14.

Le courant par demi-phase I_a aura pour expression en fonction de I_c, courant total continu

$$I_a = \frac{I_c\sqrt{2}}{q \sin \frac{\pi}{q}} = \frac{I_c\sqrt{2}}{2}.$$

(Le courant par bague sera $2\, I_a = I_c\sqrt{2}$)

La réaction alternative, quand le milieu des phases coïncide avec la ligne neutre, est de forme triangulaire et l'ordonnée maximum est, si n est le nombre de

Digitized by Google

spires

$$\frac{n I_a \sqrt{2}}{2} \text{ par pôle.}$$

Quand l'induit a tourné de 90°, le champ de réaction est nul. La réaction est donc représentée par un champ alternatif de forme triangulaire et d'ordonnée maximum

$$\frac{n I_a \sqrt{2}}{2}.$$

L'harmonique fondamental de ce champ est

$$\frac{8}{\pi^2} \, n \, \frac{I_a \sqrt{2}}{2} = \frac{16}{\pi^2} \frac{n I_c}{4}$$

$$\left(\frac{n I_c}{4} = \text{ampères-tours continus} \right).$$

Ce champ se décompose d'après le théorème de Leblanc en deux champs d'amplitude moitié moindre

$$\frac{8}{\pi^2} \frac{n I_c}{4}$$

de vitesse angulaire égale à celle de I et dont l'un sera fixe dans l'espace par suite de la rotation de l'induit, tandis que l'autre tournera avec une fréquence de $2f$.

Si l'on suppose ce dernier étouffé, la réaction fixe résultante dans la commutatrice monophasée est

$$\left(1 - \frac{8}{\pi^2}\right) \frac{n I_c}{4},$$

c'est-à-dire la même que dans les commutatrices polyphasées.

Le tableau ci-après rassemble les résultats de cet examen.

Réaction d'induit dans les commutatrices en pour 100 des ampères-tours continus.

NOMBRE DE PHASES	VALEURS EXTRÊMES DU CHAMP DÛ AU COURANT ALTERNATIF DANS LA RÉGION NEUTRE	EXCÈS DE LA RÉACTION DU COURANT CONTINU	OSCILLATIONS DES A.-T. RÉSULTANTS	VALEUR DU CHAMP RÉSULTANT FIXE	OSCILLATIONS MAXIMUM EN + ET EN — AUTOUR DE CETTE VALEUR	FRÉQUENCE DE CETTE OSCILLATION
Mono	200 à 0	— 100 à + 200	200	19,2	— 80,8 à + 119,2	2 *f.*
3	83,9 à 76,9	11,1 à 23,1	12	19,2	— 8,1 à 3,9	6 *f.*
6	76,9 à 88,9	23,1 à 11,1	12	19,2	+ 3,9 à 8,1	6 *f.*
9	82,02 à 80,64	17,98 à 19,36	1,38	19,2	— 1,22 à + 0,16	18 *f.*
12	79,8 à 83,2	20,2 à 16,8	3,4	19,2	+ 1 à — 2,4	12 *f.*
4	70,7 à 100	29,3 à 0	29,3	19,2	+ 10,1 à — 19,2	4 *f.*
8	78,6 à 85	21,4 à 15	6,4	19,2	+ 22 à — 4,2	8 *f.*

(Le champ de réaction oscille autour d'une valeur moyenne représentée par la courbe 3 de la figure 1.)

Les valeurs indiquées dans ce tableau, lequel ne correspond qu'à une vue simplifiée de la question, peuvent être un peu modifiées dans la pratique où le champ inducteur n'est pas sinusoïdal, ni le courant. Il faudrait aussi tenir compte du courant watté dû aux pertes, lequel réduit la réaction moyenne résultante, représentée par la courbe 3 de la figure 1, autour de laquelle oscillent les champs de réaction, *à une valeur d'environ 15 pour 100 des ampères-tours continus*, dans l'axe des balais.

Les dispositions particulières des machines, le nombre et les dimensions des encoches de l'induit peuvent avoir une influence très appréciable.

Néanmoins, les chiffres de la 4e colonne, relatifs aux oscillations du champ résultant dans la région neutre, restent sensiblement les mêmes dans tous les cas.

A l'inspection de ce tableau et en laissant à part la commutatrice monophasée, on remarque combien la commutatrice biphasée à 4 bagues est plus particulièrement défectueuse à ce point de vue et combien l'amélioration est rapide en passant à la commutatrice à 8 bagues.

La figure 15, qui représente superposés pour ces deux machines les champs oscillants aux moments où ils

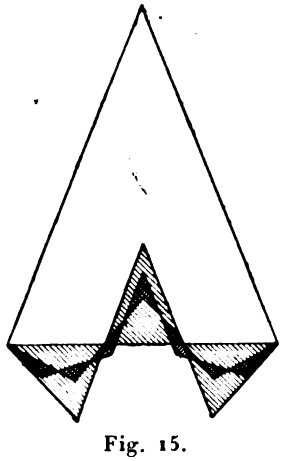


Fig. 15.

atteignent leurs valeurs extrêmes dans l'axe des balais, le met en évidence.

(Cette représentation n'est tout à fait légitime que

Digitized by Google

pour les sommets situés sur l'ordonnée centrale, car les autres sommets ne se déplacent pas suivant une ordonnée entre les deux instants considérés, la réaction n'étant symétrique par rapport à l'axe des balais que pour ces deux instants.)

On est donc conduit à penser qu'il serait préférable de munir de 8 bagues les commutatrices biphasées, tout au moins celles de grande puissance.

La figure 16 représente la disposition la plus simple permettant de connecter une commutatrice à 8 bagues

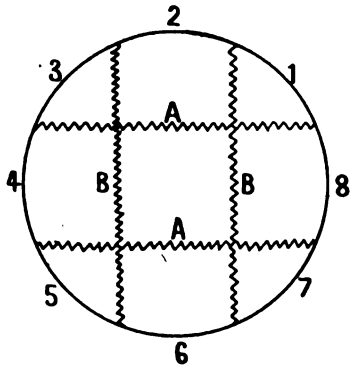


Fig. 16.

aux secondaires de deux transformateurs dont les primaires seraient reliés à un réseau biphasé, A A étant les deux demi-secondaires de l'un d'eux, B B ceux de l'autre.

Cependant, si l'on analyse la répartition des courants et des tensions que produit cette disposition, on constate que ces courants ne se répartissent pas également dans les phases. Ces tensions et courants, exprimés en fonction de E_c et I_c, tension et intensité du courant continu et toujours dans l'hypothèse d'un champ inducteur sinusoïdal, hypothèse qui donne des valeurs correspon-

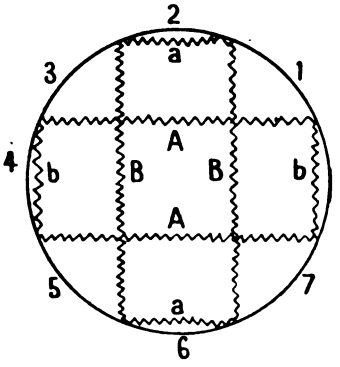


Fig. 17

dant à la moyenne des cas de la pratique, sont les suivants :

Tension par secondaire $F_c \times \frac{1}{2}\sqrt{1+\frac{\sqrt{2}}{2}} = 0{,}652\ E_c$,

Intensité par secondaire $I_c \times \frac{1}{2}\sqrt{1-\frac{\sqrt{2}}{2}} = 0{,}303\ I_c$,

Phases 1,3,5,7, intensité $= I_c \times \sqrt{1-\frac{\sqrt{2}}{2}} = 0{,}545\ I_c$,

Phases 2,4,6,8, intensité $I_a \times \frac{\sqrt{2}}{2}\sqrt{1-\frac{\sqrt{2}}{2}} = 0{,}383\ I_c$,

Courant par bague..... $0{,}383\ I_c$.

Les intensités dans les phases consécutives sont successivement proportionnelles à $\sqrt{2}$, 1, $\sqrt{2}$, etc...

On rétablit l'égalité de distribution en ajoutant 4 secondaires supplémentaires, *a a*, *b b*, figure 17. Les courants et tensions deviennent

Secondaires A,B. Tension $\frac{1}{2}\sqrt{1+\frac{\sqrt{2}}{2}}\ E_c = 0{,}652\ E_c$,

Intensité $\frac{1}{4}\sqrt{1+\frac{\sqrt{2}}{2}}\ I_c = 0{,}326\ I_c$.

Secondaires *a*,*b*. Tension $\frac{1}{2}\sqrt{1-\frac{\sqrt{2}}{2}}\ E_c = 0{,}272\ E_c$,

Intensité $\frac{1}{4}\sqrt{1-\frac{\sqrt{2}}{2}}\ I_c = 0{,}136\ I_c$.

Courant dans toutes les phases ..... $0{,}46\ I_c$.

Courant par bague..... $\frac{\sqrt{2}}{4}\ I_c = 0{,}354\ I_c$.

La disposition de la figure 18 convient aussi et donne, avec des secondaires divisés en deux parties séparées,

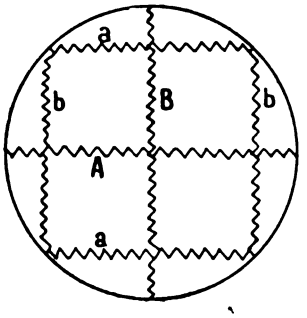


Fig. 18.

dont les nombres de spires sont proportionnels respectivement à 1, $\sqrt{2}$ et 1 :

Secondaires A,C. Tension..... $\frac{\sqrt{2}}{2}\ E_c = 0{,}707\ E_c$,

Intensité..... $\frac{\sqrt{2}}{2}\ I_c = 0{,}354\ I_c$.

Secondaires *a*,*b*. Tension..... $0{,}5\ E_c$.

Intensité..... $0{,}25\ I_c$.

Ce mode d'alimentation ainsi que l'emploi de 8 bagues

Digitized by Google

au lieu de 4, peuvent paraître un peu compliqués. Mais pour les commutatrices d'une certaine puissance, ce supplément de connexions et de bagues (qui ne demande presque pas de supplément de matière puisque les intensités à recueillir, en totalité absolue, sont les mêmes), doit être compensé par l'amélioration du fonctionnement et par la diminution des dimensions de l'induit, puisque les pertes RI^2, pour un même enroulement, sont de 38 pour 100 des pertes RI^2 en continu pour la commutatrice 4 bagues et de 23 pour 100 pour la commutatrice 8 bagues.

(Chiffres théoriques et comptés pour $\cos \varphi = 1$.)

Si nous examinons la commutatrice triphasée et ses dérivés, nous constatons que le passage de 3 à 6 phases ne procure aucune amélioration au point de vue des réactions, tandis que le passage de 6 à 12 phases produit une amélioration très sensible et que surtout le passage de 6 à 9 phases annule presque complètement les oscillations, comme le mettent en évidence les figures 6 et 7, où le champ de réaction du courant à 9 phases affecte presque la forme d'une sinusoïde et les figures 8 et 9 qui montrent les champs résultants dans le triphasé et le 9 phases aux moments où ces champs atteignent leurs valeurs extrêmes dans la ligne neutre.

Ce résultat provient de ce que les composantes des harmoniques supérieurs des champs individuels des phases, dont le rang diffère de $2qn \pm 1$ pour les nombres de phases impairs et $qn \pm 1$ pour les nombres de phases pairs, s'annulent (q nombre de phases, n nombre entier).

C'est-à-dire que dans la réaction, d'induit de commutatrice triphasée subsistent des harmoniques de rang 5, 7, 11, 13, 17, 19....., ainsi que dans la commutatrice à 6 phases; avec 12 phases, il ne subsiste plus que les

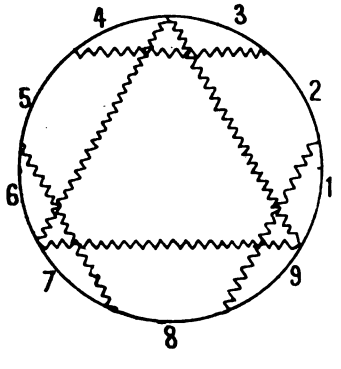


Fig. 19.

harmoniques 11, 13, 23, 25, tandis qu'avec 9 phases ne restent que ceux de rang 17, 19, 35, 37. Considérant le biphasé avec 4 bagues, il subsiste des harmoniques de tout rang 3, 5, 7, 9....., et avec 8 bagues, nous n'avons plus que 6, 9, 15, 17.....

Les harmoniques supérieurs décroissant proportionnellement à leur rang; ainsi s'explique l'amélioration rapide obtenue en passant du triphasé au 9 phases, lequel est meilleur que le 12-phases, comme en passant du 4-phases au 8-phases.

Comme la commutatrice à 8 phases, la commutatrice à 9 phases paraît donc intéressante et même préférable à la commutatrice à 12 phases.

Les figures 19 et 20 indiquent comment on pourrait disposer les 6 secondaires d'un transformateur triphasé

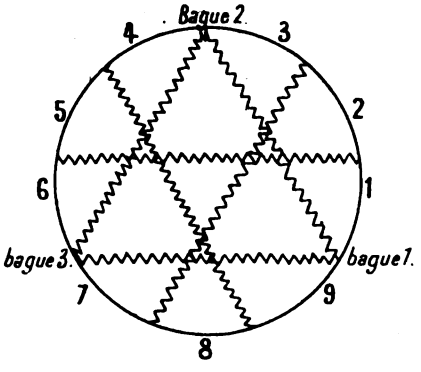


Fig. 20.

ou de 3 transformateurs monophasés dont les primaires seraient branchés sur un réseau triphasé, pour alimenter une commutatrice à 9 phases.

Le dispositif de la figure 19 donnerait la répartition suivante :

Secondaires a, b, c :	tensions	0,61	E_c,
	intensité	0,173	I_c.
Secondaires A, B, C :	tensions	0,696	E_c,
	intensité	0,326	I_c.
Phases 2, 5, 8 :	intensité	0,44	I_c,
1, 3, 4, 6, 7, 9 :	intensité	0,50	I_c.
Courant par bague 1, 2, 3	.....	0,300	I_c,
autres bagues	.....	0,326	I_c.

On obtiendra une répartition égale dans les phases au

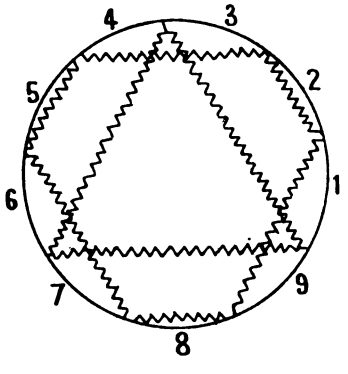


Fig. 21.

moyen des schémas, figure 21 ou 22. Ce dernier donnera :

Secondaires			a	A
Tensions	0,455	E_c	0,61	0,696

Digitized by Google

Intensités	0,0632 I_c	0,182	0,278
Phases	0,46 I_c		
Bagues	0,3145 I_c		

On pourrait aussi connecter à un réseau biphasé une

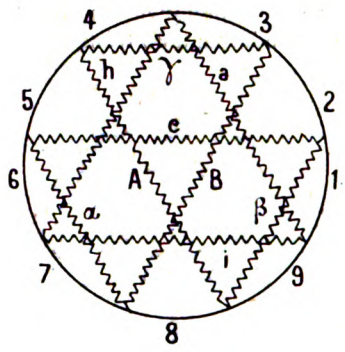


Fig. 22.

commutatrice hexaphasée suivant les dispositions des figures 23 et 24.

La première de ces dispositions donnerait

Secondaires .	A	B
Tensions	0,707 E_c	0,61 E_c

Intensités ... $0{,}4\sqrt{2}\,I_c = 0{,}566\,I_c$ $\quad \frac{2\sqrt{3}}{5\sqrt{2}}\,I_c = 0{,}49\,I_c$.

Intensités phases, 1, 4 ..... $\frac{2}{5\sqrt{2}}\,I_c = 0{,}282\,I_c$

2, 3, 5, 6. $\frac{2}{3}\sqrt{2}\,I_c = 0{,}566\,I_c$.

Puissance prise sur les phases du réseau :

A = 40 pour 100

B = 60 pour 100.

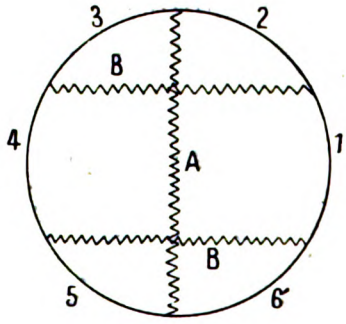


Fig. 23.

Une telle inégalité de répartition serait inadmissible.

La deuxième disposition donnerait une répartition égale dans les phases et dans le réseau.

Secondaires.	A	*a a*	B
Tensions ...	0,707 E_c	0,355 E_c	0,61 E_c

Intensités... $\frac{\sqrt{2}}{3}I_c = 0{,}47\,I_c$ $\quad \frac{\sqrt{2}}{6}I_c = 0{,}235\,I_c$ $\quad \frac{1\times\sqrt{2}}{3\sqrt{2}} = 0{,}405\,I_c$

Intensités phases : 0,47 I_c

bagues : 0,47 I_c.

Les considérations précédentes restent peut-être un peu théoriques, en ce sens que, d'une part, les champs ondulatoires situés sous les cornes polaires sont étouffés par les courants de Foucault dans ces cornes ou par les amortisseurs et que, d'autre part, les champs ondulatoires placés dans la région interpolaire ont leur effet très réduit par la réluctance de cette région. Toutefois, dans les puissantes commutatrices, on ne saurait rien négliger pour assurer la meilleure marche et il est certain que la présence de ces champs, outre les pertes supplémentaires qu'ils entraînent, ne peut qu'être nuisible à la commutation par les tensions qu'ils font naître dans les spires en court-circuit et qui se révéleraient bien vite si l'on munissait la machine de pôles de commutation sans assurer au circuit magnétique de ces pôles une réluctance suffisante par un entrefer approprié (1).

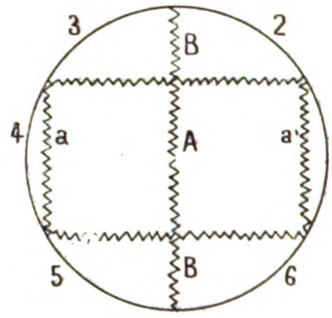


Fig. 24.

L'emploi de transformateurs munis de plusieurs secondaires dont les nombres de spires doivent être différents, mais dans des rapports rigoureux, est une complication.

Néanmoins, les avantages des commutatrices à 8 sinon à 9 phases sont peut-être assez sensibles pour que leur emploi pour les très fortes puissances puisse être envisagé.

G. Badey,
Ingénieur aux établissements Schneider.

(1) Si la commutatrice est munie de pôles de commutation, l'enroulement de ces pôles comportera 15 pour 100 des ampères-tours de l'induit en courant continu, plus les ampères-tours de commutation. Ce chiffre de 15 pour 100 sera porté à 23 pour 100 pour le fonctionnement en inversé. L'élasticité nécessaire sera naturellement obtenue par l'emploi d'un grand entrefer et d'une grande valeur des ampères-tours totaux sur les pôles auxiliaires.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Polarisation cathodique dans un gaz fortement ionisé (1).

Il y a quelque temps (2) l'auteur a publié une théorie de la chute cathodique dans les gaz et indiqué en même temps quelques applications dans lesquelles les mesures de potentiel dans l'espace sombre de Crookes étaient effectuées au moyen d'une électrode filiforme. Les mesures faites ont été en bon accord avec la théorie.

E tirant parti de quelques expériences d'Ashton (3), H. A. Wilson (4) a publié une théorie de la chute cathodique dans l'hypothèse qu'il n'y a pas de différence appréciable de potentiel entre la cathode et le gaz adjacent.

Les expériences que nous allons résumer établissent, d'après leur auteur, non seulement qu'il y a une différence de potentiel de polarisation entre la cathode et le gaz, mais que cette différence est de l'ordre de grandeur indiqué par les mesures faites avec les électrodes filiformes.

Appareil et méthode de mesure. — Dans la lueur négative d'une ampoule de Crookes on dispose deux électrodes planes de faibles dimensions A et B (fig 1) dont les faces

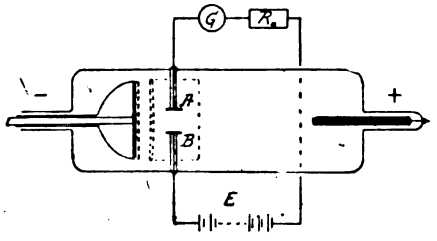


Fig. 1. — Dispositif pour la mesure de la chute de tension cathodique.

planes sont parallèles à la direction du courant d'ionisation. Ces électrodes, ainsi que le gaz de la lueur négative qu'elles comprennent, constituent une partie d'un circuit soigneusement isolé comprenant une batterie d'accumulateurs E, un galvanomètre d'Arsonval G et une résistance de protection R_0. La batterie E peut fournir une différence de potentiel de 2 à 300 v. Le courant, dans le circuit ionisant est alimenté par une batterie puissante.

Désignons par R_i la résistance réelle ou apparente comprise entre A et B à l'intérieur du tube de décharge, et par R_0 la résistance du circuit extérieure au tube. Soit E la force électromotrice de la batterie, c le courant qu'elle produit (courant transversal). On a

$$R_i = \frac{E}{c} - R_0,$$

Si, pour des courants transversaux d'intensité faible par rapport au courant d'ionisation, on trouve que R_i prend une valeur relativement grande, il faut en conclure que cette résistance R_i est concentrée entre la cathode et le gaz. On sait en effet que le gaz dans la lueur négative est fortement conducteur et qu'on ne peut observer aucune différence de potentiel entre le gaz et une anode disposée dans la lueur négative. Les expériences suivantes fournissent pour R_i des valeurs très élevées et viennent à l'appui de l'hypothèse que la résistance est localisée entre la cathode et le gaz.

Mesures avec des électrodes transversales en aluminium. — Le gaz contenu dans l'ampoule est de l'hydrogène ; on l'introduit par diffusion à travers un petit tube de palladium porté au rouge dans un courant d'hydrogène. Les électrodes entre lesquelles se produit le courant d'ionisation sont en aluminium, la cathode est un disque (de 2 cm environ de diamètre) dont la partie postérieure est fixée dans du verre afin de limiter le passage du courant à la partie frontale.

Tableau I.

Électrodes d'aluminium ($s = 0{,}25$ cm²).

Pression du gaz { avant 1,65 mm. / après 1,67 mm. Courant d'ionisation : 1,50 ma.

$V_A - V_B$ volts	c milliampères	R_i ohms	$V_A - V_B$ volts	c milliampères	R_i ohms
1,8	0,0099	$1{,}8 \times 10^5$	81,5	0,112	$7{,}3 \times 10^5$
5,65	0,0331	2,45	97,5	0,129	7,5
9,2	0,0405	3,20	120	0,155	7,7
18,5	0,0495	3,75	132	0,174	7,6
39,0	0,074	5,25	143	0,192	7,4
64,1	0,096	6,7			

Le tableau I donne quelques-uns des résultats obtenus en prenant pour A et B de minces plaques d'aluminium de forme rectangulaire (2,25 × 5 mm) dont les deux faces sont exposées. L'aire des surfaces exposées, en comptant les bords, est voisine de 0,25 cm². La résistance R_0 est réglée à 20 000 ohms.

On mesure avec le galvanomètre G le courant c pour une valeur déterminée de la force électromotrice E. Des valeurs de c et de R_0 on déduit la chute dans la partie extérieure du circuit transversal et cette valeur, toujours relativement faible, est retranchée de E, ce qui donne la différence de potentiel $V_A - V_B$ indiquée dans les tableaux.

Le tableau I montre qu'avec un courant d'ionisation de 1,50 ma la résistance R_i entre les électrodes transverses s'élève de 180 000 ohms pour un courant transversal de 0,01 ma, à 770 000 ohms pour un courant de 0,155 ma. Un nouvel accroissement du courant transversal entraine une décroissance lente de R_i.

Pour une même valeur du courant transversal c, la résistance R_i diminue si on augmente le courant ionisant, ainsi qu'on peut le voir par les résultats consignés dans le tableau II comparés à ceux du tableau I.

Tableau II.

Électrodes d'aluminium ($s = 0{,}25$ cm²).

Pression du gaz { avant 1,57 mm. / après 1,59 mm. Courant d'ionisation : 2,50 ma.

$V_A - V_B$ volts	c milliampères	R_i ohms	$V_A - V_B$ volts	c milliampères	R_i ohms
3,1	0,025	$1{,}25 \times 10^5$	75,1	0,194	$3{,}9 \times 10^5$
15,2	0,088	1,7	95,0	0,225	4,2
29,6	0,118	2,5	110,8	0,260	4,3
53,8	0,158	3,4	126,2	0,290	4,35
			140,6	0,320	4,4

(1) C.-A. Skinner. *Phys. Rev.*, février 1917, 2e série, t. IX, p. 97-112. 4 700 mots, 4 fig., 7 tab.
(2) C.-A. Skinner. *Phys. Rev.*, 1915, 2e série, t. V, p. 483, et 1915, t. VI, p. 158 ; *La Revue électrique*, 1916, t. XXVI, Littérature des périodiques, p. 4.
(3) F.-W. Ashton. *Proc. Roy. Soc.*, A, 1911, t. LXXXIV, p. 526.
(4) H.-A. Wilson. *Phys. Rev.*, 1916, 2e série, t. VIII, p. 227.

Digitized by Google

Mesures avec des électrodes de platine. — Les résultats obtenus avec des électrodes de platine sont analogues à ceux fournis par les électrodes d'aluminium ; mais, toutes

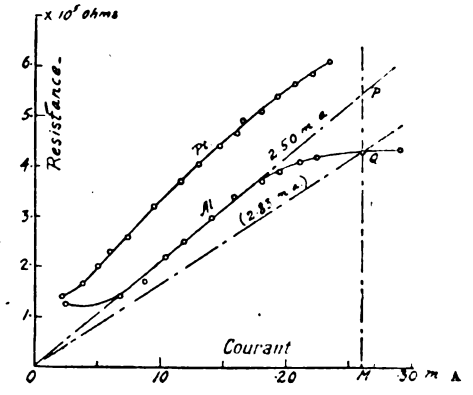


Fig. 2.

choses égales, les valeurs de R_i sont plus élevées ainsi que l'indiquent les courbes de la figure 2.

Mesures avec une électrode de platine et une électrode d'aluminium. — Les mesures effectuées avec une électrode transversale d'aluminium et une autre de platine font apparaître l'existence d'une variation très nette dans la valeur de R_i par simple inversion du sens du courant transversal. Ces résultats permettent de localiser à la cathode la résistance mesurée ; car, avec l'aluminium comme cathode et le platine comme anode, la valeur de R_i est la même qu'avec les deux électrodes d'aluminium. Avec le platine comme cathode et l'aluminium comme anode les valeurs de R_i sont notablement plus élevées.

Variation de la résistance cathodique avec le courant ionisant. — L'auteur a étudié comment varie la résistance R_i avec le courant d'ionisation pour différentes pressions gazeuses. Il a constaté que, pour une différence de potentiel de polarisation donnée ($V_A - V_B$ voisin de 80 v), la résistance apparente est sensiblement en raison inverse du courant d'ionisation et sensiblement indépendante de la pression du gaz.

On peut donner de cette relation une explication simple. Quelle que puisse être la nature exacte de la résistance cathodique apparente, elle doit fonctionner pour chaque ion, pris isolément. Le courant doit donc être sensiblement proportionnel au nombre d'ions engagés dans la décharge et ce nombre, toutes autres choses demeurant les mêmes, doit être proportionnel au nombre d'ions par centimètre carré contenus dans le gaz au voisinage de la cathode. Pour que cette explication puisse convenir au cas envisagé, il faut que la densité des ions dans la lueur négative soit très sensiblement proportionnelle à la densité du courant d'ionisation. Des considérations générales indiquent la vraisemblance de cette hypothèse. Une des caractéristiques du courant dans la lueur négative est que le gradient du potentiel varie lentement quand on augmente la densité du courant, ce qui signifie que le nombre d'ions par centimètre cube servant au transport du courant doit être sensiblement proportionnel à la densité du courant.

Si l'on accepte cette explication, les résultats ci-dessus s'interprètent aisément. Les courbes de la figure 3 présentent toutes une valeur minimum du produit de la résistance cathodique par le courant d'ionisation pour un courant d'ionisation déterminé. En ce point, le rapport du nombre des ions positifs par centimètre cube au courant d'ionisation est maximum, et la densité des ions est proportionnelle au courant. Quand on abaisse la pression gazeuse le rapport diminue lentement.

En résumé

(1) R_i est proportionnel à $\frac{1}{n}$ pour $V_A - V_B = \text{const.}$

n désignant le nombre d'ions positifs par centimètre cube et $V_A - V_B$ la différence de potentiel de polarisation à la cathode.

Cette relation est mise à profit par l'auteur pour calculer la résistance apparente de la cathode transversale avec une densité normale du courant cathodique à la cathode principale. La valeur ainsi calculée est identique à celle déduite

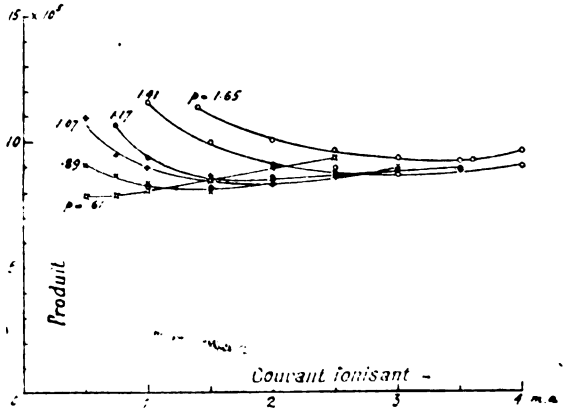


Fig. 3. — En abscisses on a porté les valeurs du courant d'ionisation ; en ordonnées, le produit de la résistance cathodique par le courant d'ionisation.

des mesures faites avec des électrodes filiformes à la cathode principale, sous les mêmes conditions. Ce résultat établit la légitimité des mesures faites avec ces électrodes filiformes dans l'espace sombre de Crookes.

Forme de la courbe des résistances. — Désignons par V_b la différence de potentiel de polarisation à la cathode, — qu'on a représentée dans les tableaux par $(V_A - V_B)$ — par j la densité du courant cathodique, par n le nombre des ions positifs par centimètre carré dans le gaz environnant la cathode, par E le gradient du potentiel par centimètre dans le gaz à l'extérieur et au voisinage de la région de la polarisation et par p la pression gazeuse.

L'auteur établit simplement les deux relations

$$V_b = k\left(\frac{j}{n}\right)^2,$$

et

$$V_b = k'\left(\frac{E}{p}\right)^2,$$

k et k' désignant deux constantes.

A. B.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

La soudure électrique et son état actuel

L'auteur de cet article, après avoir rappelé les caractéristiques des divers modes de soudure : soudure proprement dite, brasure, soudure autogène, examine les procédés électriques mis en œuvre pour réaliser ces mêmes opérations : soudure par l'arc, soudure mixte, soudure par résistance. Il indique ensuite comment ces modalités de la soudure électrique s'appliquent aux différents métaux et conclut que, sauf pour les très grosses pièces, elles sont toujours plus avantageuses dans le cas de travaux en série suffisants pour justifier une installation génératrice spéciale.

Au cours des dernières années qui ont précédé la guerre, la soudure électrique était en train de prendre, dans différentes industries, une extension considérable.

Certains procédés nouveaux, des perfectionnements nombreux, permettaient de penser que cette branche de l'électrotechnique industrielle deviendrait de plus en plus prospère.

Il semble que les préoccupations beaucoup plus urgentes auxquelles les industriels ont dû se vouer ont détourné ces derniers des recherches à résultat non immédiat. On ne peut donc dire que, du moins en ce qui concerne les grandes lignes des procédés et les principes des méthodes, la soudure électrique ait fait des progrès nouveaux.

Notre industrie l'a cependant appliquée avec succès à certaines fabrications de guerre dont nous disons un mot ci-après

Nous nous proposons, dans la présente étude, de rappeler à nos lecteurs les principes, les caractères et les applications déjà éprouvées de la soudure électrique, telle que l'ont faite les perfectionnements les plus récents.

I. — Procédés de soudure non électriques : soudure, brasure, soudure autogène.

Soudure et brasure. — La soudure ordinaire consiste dans la réunion de deux surfaces métalliques au moyen d'un ciment métallique.

Pour qu'une soudure soit efficace, il est indispensable que les surfaces à réunir soient d'une complète propreté ; il est donc nécessaire d'opérer un nettoyage mécanique, souvent un décapage chimique, et de plus, dans la généralité des cas, d'empêcher la formation d'une pellicule d'oxyde métallique qui suffirait à empêcher toute adhérence.

Dans toute soudure, ce dernier point est d'une importance capitale.

On sait, en effet, que deux surfaces métalliques — solides — peuvent adhérer l'une à l'autre par la formation d'une couche mince d'un véritable alliage, c'est-à-dire que les molécules superficielles se mélangent ; mais pour que l'expérience réussisse, il est indispensable que les surfaces soient non seulement jointives et convenablement pressées l'une sur l'autre, mais encore d'une absolue propreté.

Les conditions de réussite de cette expérience de laboratoire se retrouvent identiques dans la soudure industrielle, avec cette différence que les molécules en présence sont celles des pièces à souder et du ciment métallique, vulgairement appelé soudure, et que ledit ciment est amené à l'état liquide par un procédé quelconque, soit fer à souder formant volant thermique, soit lampe à souder ou chalumeau formant source continue de chaleur.

La formation de l'oxyde est donc le grand danger de toute opération de soudure. Un procédé de soudure, une pâte à souder, un tour de main ne sont en réalité que des moyens d'empêcher l'oxydation ; un bon ouvrier soudeur est celui qui sait, par raisonnement ou empiriquement, empêcher la naissance de l'oxyde.

Dans la plupart des soudures, on emploie des substances, souvent appelées flux ou fondants, dont le rôle est de rendre impossible l'oxydation.

C'est ainsi qu'on emploie notamment :

Pour le zinc, l'acide chlorhydrique et le chlorure d'ammonium ou chlorhydrate d'ammoniaque ;

Pour le cuivre, le chlorure de zinc en solution ammoniacale ;

Pour le fer-blanc, la colophane ;

Pour le plomb, la stéarine.

Les innombrables pâtes à souder qu'on trouve dans le commerce comportent généralement du chlorure d'ammonium et un corps gras.

Le flux agit soit en dissolvant l'oxyde au fur et à mesure de sa formation, soit en formant avec lui un sel volatil.

Pour un certain nombre de métaux, on a éprouvé longtemps des difficultés qui les faisaient passer pour rebelles à la soudure.

Tel a été notamment le cas pour l'aluminium. Quand

Digitized by Google

ce dernier métal est chauffé, il se recouvre immédiatement d'une couche continue d'alumine, semblable à celle qui se forme lentement à froid. Cette couche est assez homogène, pour former, quand on chauffe une baguette d'aluminium au-dessus du point de fusion, un véritable sac qui retient le métal liquide.

Depuis quelques années, on connaît un procédé, dû à M. Odam, qui permet de souder parfaitement l'aluminium. Ce procédé comporte essentiellement un flux qui réduit la couche d'alumine.

Les soudures à haute température, à l'aide de ciments élastiques tenaces, sont généralement appelées brasures.

La brasure ne diffère pas, dans son principe, de la soudure ; comme cette dernière, elle nécessite l'emploi d'un flux, naturellement beaucoup moins volatil.

Pour l'acier et le fer on emploie généralement le borax, souvent mélangé à un produit carburé pour empêcher la décarburation de l'acier ; pour la fonte, on emploie le carbonate de potassium ; pour le cuivre, le phosphate de soude ammoniacal.

La brasure du cuivre rouge au chalumeau à oxygène présente cette particularité que l'emploi d'un flux est généralement inutile ; la flamme du chalumeau renferme en effet une partie réductrice qui détruit l'oxyde de cuivre à mesure de sa formation.

Cette particularité se retrouve dans les différents procédés de soudure autogène.

Soudure autogène. — La soudure autogène est la réunion de deux pièces de même métal sans l'interposition de métal étranger.

Depuis un temps immémorial on soude ainsi le fer à la forge.

Mais l'introduction dans l'industrie du chalumeau oxhydrique et surtout du chalumeau oxyacétylénique a permis, grâce aux propriétés réductrices de la flamme, lesquelles suppriment la nécessité du flux, de souder des métaux très divers : fer, acier, fonte, plomb, cuivre.

C'est notamment par ce procédé que sont assemblées les plaques qui constituent les chambres de plomb des fabriques d'acide sulfurique.

D'autre part, la soudure autogène est actuellement universellement employée pour la soudure des pièces minces et des tôles. Il n'est pas d'atelier de chaudronnerie et de construction qui n'ait son poste de soudure autogène.

II. — La soudure électrique.

Dans les procédés ordinaires de soudure mentionnés ci-dessus, on emploie comme source de chaleur soit une masse métallique préalablement chauffée : fer à souder ; soit une flamme : feu de forge, lampe à souder, chalumeau oxhydrique ou oxyacétylénique.

La soudure électrique emprunte la chaleur nécessaire à un phénomène électrique. On a eu ainsi recours à l'arc voltaïque, à l'étincelle de décharge d'un condensateur, enfin à l'effet Joule.

Ce sont les divers procédés fondés sur ces phénomènes que nous allons décrire brièvement.

Soudure par l'arc électrique. — Dans les procédés de soudure fondés sur l'emploi de l'arc électrique, c'est ce dernier qui est utilisé comme source de chaleur, ces procédés sont donc entièrement comparables aux procédés anciens, l'arc jouant un rôle analogue à celui de la flamme des lampes à souder (fig. 1 et 2).

Les procédés de soudure à l'arc se rapportent à deux types généraux, dus l'un à Benardos, l'autre à Slaviaноff et qui remontent à une trentaine d'années (1).

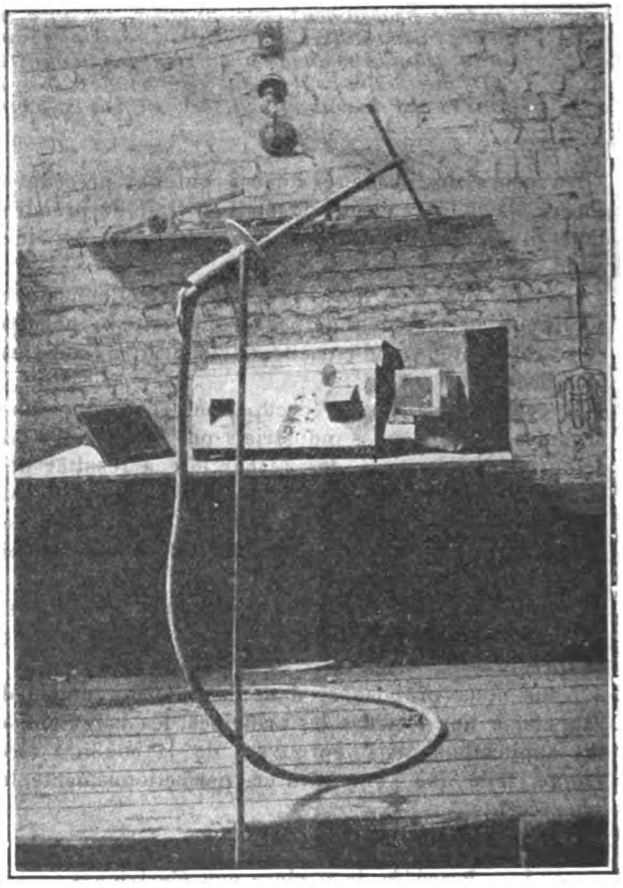


Fig. 1. — Soudure par arc, outillage.

Dans le premier, on fait jaillir l'arc entre la pièce à souder, formant électrode, et une autre électrode en charbon. Dans le deuxième, l'arc se forme entre la pièce à souder et une autre électrode de même métal.

Ces procédés qui sont d'ailleurs dans le domaine public sont actuellement peu employés tels quels pour les travaux de soudure. Ils forment en effet une zone de

(1) Rappelons qu'en 1867 Wilder avait déjà fait des essais pour appliquer l'arc à la soudure, qu'en 1881 Siemens soudait déjà des fils de cuivre de 3 mm, qu'en 1885 Ries et Joule avaient fait également d'importants essais.

Digitized by Google

soudure où les propriétés élastiques du métal sont profondément altérées.

On les a remplacés par des procédés exactement pareils quant au principe, mais dont les exploitants four-

Fig. 2. — Réparation d'un bâti de locomotive au moyen de l'arc.

nissent à leur clientèle des électrodes spéciales dont nous parlons ci-après et qui fournissent de bonnes soudures.

On emploie encore les procédés Slavianoff et Benardos dans les ateliers métallurgiques pour la réparation des défauts de coulée.

Ils s'y appliquent parfaitement.

Il est seulement à conseiller d'utiliser pour la produc-

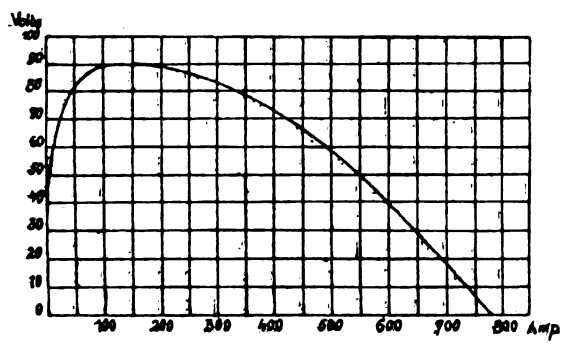


Fig. 3. — Caractéristique d'une génératrice pour soudure.

tion de l'arc une génératrice spéciale à très forte chute de tension (fig. 3), pour limiter le courant lors des variations de résistance du circuit, surtout au moment des courts-circuits qui sont inévitables.

Procédé Zerener. — Ce procédé, inventé en 1894, a été très employé, notamment, à notre connaissance, dans certaines usines allemandes fabriquant des objets tels que réservoirs, tonneaux, tuyaux de grands diamètres. Il semble avoir perdu, depuis la diffusion de la soudure oxyacétylénique, la vogue qu'il avait d'abord trouvée en raison d'un inconvénient que nous signalons plus loin.

L'appareil de soudure comporte deux charbons situés dans le même plan et formant un angle très aigu; l'arc jaillit entre les deux extrémités qui sont assez rapprochées, et il est soufflé au moyen d'un électro-aimant monté entre les charbons.

Ce soufflage magnétique, comparable au soufflage d'un chalumeau, produit un dard que l'on promène sur les lignes à souder.

La température de ce dard est naturellement extrêmement élevée, et il est très difficile de ne pas endommager les tôles peu épaisses.

Procédé Lagrange et Hoho. — Nous mentionnons, plutôt pour mémoire, le procédé Lagrange et Hoho (1891) qui n'est pas susceptible d'applications importantes, mais qui est curieux par le mode d'application du courant.

Le pôle positif d'une source à courant continu est relié à une lame de plomb plongée dans une dissolution d'un carbonate alcalin; les pièces à souder sont reliées au pôle négatif.

Si l'on plonge ces dernières dans le bain, elles s'entourent d'une gaine d'hydrogène qui est immédiatement traversée par un arc; elles s'échauffent par suite rapidement, jusqu'à la fusion. En les mettant en contact, on arrive à les souder.

La tension du courant utilisé est de l'ordre de 150 à 160 v.

Ce procédé a d'ailleurs donné de bons résultats pour le chauffage des petites pièces telles que les rivets.

Procédé Kjellberg. — Le procédé de M. Kjellberg, qui remonte à l'année 1911, après avoir été employé surtout dans des usines suédoises, se répand actuellement en France où il est exploité par la « Soudure Autogène Française ».

C'est, en somme, un intéressant perfectionnement du procédé de Slavianoff.

Comme dans ce dernier, l'électrode positive, d'où l'arc jaillit vers les pièces à souder, est métallique; elle fournit par suite une certaine quantité du métal constituant la soudure. La particularité du système est que l'électrode est entourée d'une enveloppe isolante complexe contenant d'une part un fondant qui facilite l'opération en prévenant le contact des surfaces métalliques et de l'air ambiant, et, d'autre part, une matière réfractaire qui forme un cratère isolant au fond duquel se produit, également à l'abri de l'air, la fusion du noyau métallique.

Cette enveloppe facilite également l'opération dans certains cas difficiles, par exemple, au voisinage d'une

Digitized by Google

surface en retour ou au fond d'une rainure, où sans elle, un arc s'amorcerait entre anode et les surfaces voisines.

Ce procédé a, dès les débuts de son emploi, donné d'excellents résultats et permis des opérations assez hardies, comme la soudure d'une extrémité en fer forgé sur une aile d'hélice en fonte, détériorée par un choc. Dans cet exemple, la soudure était parfaite et avait donné lieu à une diffusion dans le fer des composants de la fonte.

Il est employé actuellement dans notre pays dans un certain nombre d'usines travaillant en série pour la défense nationale.

Il a donné notamment des résultats excellents dans la

Fig. 4. — Soudure électrique des ailettes d'une bombe de tranchée.

fabrication des bombes de tranchées (fig. 4) et de toutes les pièces analogues en tôle.

Procédé Quasi-Arc. — Le procédé breveté par la Quasi-Arc Co est analogue au procédé Kjellberg. Comme ce dernier, il est fondé sur l'emploi d'une électrode métallique entourée d'une gaine fusible qui fond lors du passage de l'arc et préserve le métal, au droit de la soudure, du contact de l'air ambiant.

Si l'on en croit les documents de publicité de la Quasi-Arc Co, son « procédé dépend d'un phénomène entièrement nouveau mis en lumière par ses recherches, et est si différent, en méthode et en résultat, des procédés de fusion par arc qu'il mérite de figurer dans une classe spéciale ».

Voici, d'autre part, la description de ces phénomènes.

« Le contact électrique s'obtient en mettant en contact les pièces à souder avec l'extrémité de l'électrode tenue verticalement, permettant ainsi au courant de passer et de former un arc. L'électrode *toujours maintenue en contact avec les pièces à souder* est ensuite amenée à former angle, ce qui a pour résultat de détruire immédiatement l'arc, parce que le recouvrement spécial passe à l'état d'ignition, et, comme conducteur secondaire, maintient le contact électrique entre les pièces à souder et la matière métallique de l'électrode. L'action une fois commencée, l'électrode fond de manière uniforme tant qu'elle reste en contact et laisse une couche de métal parfaitement diffusée dans tout l'ouvrage. Le métal fondu étant entièrement recouvert par le laitier se trouve par suite complètement protégé contre tout risque d'oxydation. »

Il semble résulter du texte ci-dessus que l'arc n'a pour objet que d'amener la fusion et la combustion de la gaine fusible, et que c'est cette dernière réaction, amorcée simplement par l'arc, qui constitue l'essentiel du procédé (d'où le nom de quasi-arc).

En réalité, nous croirions plutôt assez volontiers, d'après nos propres observations, que l'arc proprement dit, c'est-à-dire le passage du courant de métal à métal à travers l'air n'est nullement interrompu et que l'arc réalise simultanément les deux opérations suivantes : fusion de l'électrode et fusion de la gaine isolante.

Pour être fixé définitivement sur ce point il faudrait, ou que la « Quasi-Arc Co » fasse connaître la composition de la gaine isolante, ou que l'on procède à une analyse de cette dernière.

La première hypothèse n'est pas probable, car la Quasi-Arc Co exploite précisément la vente d'électrodes isolantes; l'analyse de ces dernières n'a pas encore été faite à notre connaissance.

Il reste donc permis à l'observateur de se faire de la nature des phénomènes l'idée qui lui paraît la plus vraisemblable.

Il n'est que juste, d'ailleurs, de reconnaître que le procédé Quasi-Arc est très intéressant, surtout pour l'exécution de petits ouvrages en série et la soudure de tôles minces (nous revenons plus loin sur ce point).

Les électrodes fournies par la Compagnie exploitante sont en acier doux, en acier au carbone ou en acier au manganèse; elles permettent donc de souder les pièces courantes de fer ou d'acier.

Le procédé n'a pas encore été appliqué à d'autres métaux. Le courant employé doit être à la tension de 100 à 110 v.

En raison du fait que les électrodes sont métalliques, l'application du procédé est d'une extrême simplicité et très économique, surtout en comparaison avec les procédés fondés sur la combustion d'un gaz carburé.

Sans chercher d'explications dans des phénomènes inconnus, c'est déjà un mérite sérieux que d'avoir mis au point un procédé facile et parfaitement industriel.

Procédé mixte : gaz et arc électrique. — Nous signalons également, à titre documentaire, car il n'est

Digitized by Google

pas intéressant pour la soudure des métaux courants, un curieux procédé mixte étudié par M. Perkin (*Electrician* du 21 janvier 1914).

Dans ce procédé, en vue d'atteindre une température très élevée, on concentre dans un même espace restreint la flamme d'un arc électrique et celle d'un chalumeau à gaz.

Des dispositifs variés ont été essayés :

Une électrode est creuse et sert au passage du gaz brûlé; les électrodes sont disposées au voisinage du chalumeau; dans chaque cas on peut alimenter le chalumeau, soit seulement en gaz combustible, soit aussi en oxygène carburant.

Les températures atteintes par ce procédé n'ont pas encore été mesurées avec précision; on sait, toutefois, qu'elles sont extrêmement élevées; et sûrement elles sont sensiblement supérieures à la température développée par l'arc ou par le chalumeau isolément.

La température de l'arc peut atteindre 3870° C (dans un espace très restreint de l'ordre du centimètre cube). Elle est facilement de 3500° C; la température de la flamme du chalumeau oxy-acétylénique atteint 3480° C et peut être normalement maintenue à 3200° C. On peut donc penser que par la réunion des deux procédés on arrive à réaliser des températures de l'ordre de 3800°, 3900° et même 4000° C.

Ces températures, sans intérêt pour la soudure des métaux usuels, pourraient peut-être être utilisées pour la soudure de métaux à point de fusion élevé.

Le procédé en question a été utilisé déjà, au contraire, pour le découpage des métaux, notamment pour débiter des masses de fonte solidifiées dans un haut fourneau à la suite d'un accident.

Réparation des défauts de coulées. — Il est nécessaire de mentionner ici une application importante de la soudure électrique : la réparation des défauts des pièces coulées.

Dans les diverses opérations de fonderie, les défauts sont fréquents; mais, dans la fabrication de l'acier moulé, malgré les perfectionnements incessants de la technique et toutes les précautions prises dans les opérations, les défauts divers, criques, soufflures, cavité, sont trop fréquents, trop graves pour qu'on puisse les négliger ou se contenter de rebuter les pièces. Il est donc nécessaire de réparer ces dernières.

Cette opération se fait simplement en fondant dans la cavité à boucher une baguette de métal d'apport. Il est nécessaire, pour que la soudure soit résistante et pour que l'ensemble de la pièce soit suffisamment homogène, que la pièce même soit portée à une température voisine de la fusion, dans la région du défaut.

On pratique souvent ces réparations au moyen d'un chalumeau à soudure autogène.

On y emploie également, dans les conditions les plus satisfaisantes, l'arc électrique, notamment le procédé Slavianoff.

Le procédé Quasi-Arc s'applique également à ce genre d'opérations, d'une façon parfaite.

Soudure par décharge et percussion. — Nous signalerons également, quoiqu'il ne soit pas encore extrêmement répandu, et surtout à cause de son intérêt théorique, un procédé de soudure applicable aux fils métalliques et fondé sur la décharge d'un condensateur et la percussion d'une masse abandonnée à l'action de la pesanteur.

L'appareil utilisé est comparable à un marteau-pilon. L'enclume comporte une pince dans laquelle on serre l'extrémité d'un des fils.

La masse tombante, guidée par deux tiges verticales, comporte également une pince dans laquelle on serre l'extrémité du deuxième fil.

Les deux pinces sont isolées et reliées respectivement aux pôles d'un condensateur.

Pour procéder à une soudure au moyen de cet appareil, on règle la hauteur de la masse tombante d'après le diamètre et la nature des fils à souder, on établit les connexions avec le condensateur et on laisse tomber la masse mobile.

Au moment où les deux fils entrent brusquement en contact, grâce à la vitesse acquise, il se produit une étincelle de décharge très chaude qui provoque non seulement la fusion, mais la volatilisation d'une partie du métal.

D'autre part, la force vive de la masse tombante produit une percussion, identique dans ses effets à l'action d'une force énorme agissant pendant une durée très courte; cette force provoque l'union intime des deux bouts des fils en présence.

Le condensateur est généralement du type électrolytique qui présente, sous un volume restreint, une très grande capacité, il est chargé au moyen d'une génératrice à courant continu; un rhéostat permet de régler la différence de potentiel de charge; d'autre part, la décharge du condensateur se fait à travers une bobine de self-induction.

Lors du contact, l'intensité du courant atteint une valeur très élevée; la puissance absorbée passe par un maximum de plusieurs kilowatts.

Toutefois, la décharge oscillante a une durée effective extrêmement courte, de sorte que la consommation totale d'énergie, pour une soudure, ne dépasse pas une valeur de 0,001 à 0,002 w-h.

Les fils à souder sont coupés à la pince et orientés de telle sorte que les arêtes de coupe soient en croix. Au moment de l'entrée en contact, l'air qui jaillit entre elles produit une vaporisation partielle du métal; la vapeur forme une atmosphère neutre empêchant la formation d'une couche d'oxyde. La soudure est par suite parfaite, à ce point qu'on peut ainsi souder des fils d'aluminium soit entre eux, soit avec des fils de cuivre.

A notre connaissance, ce procédé n'a encore été appliqué que dans des usines de constructions électriques, aux États-Unis.

Soudure par rapprochement ou résistance. — La soudure par résistance, proposée pour la première fois par Elihu Thomson il y a environ trente-deux ans,

Digitized by Google

est fondée sur l'utilisation pratique de l'effet Joule.

Les pièces à souder sont disposées en contact et serrées entre deux électrodes de résistance négligeable. On a constitué ainsi un circuit dans lequel le seul point où la résistance soit notable se trouve précisément au point assigné à la soudure. Si l'on crée dans le circuit une force électromotrice, un courant prendra naissance, courant dont l'énergie se détruira, sous forme de chaleur, précisément à l'endroit de la soudure (fig 5).

Voici quelques renseignements plus détaillés et quelques chiffres destinés à fixer des ordres de grandeur.

La force électromotrice dans le circuit de la soudure est très faible : 1 à 2 v ; il n'est donc pas pratique de l'engendrer directement au moyen d'une génératrice : on utilise un transformateur.

Le circuit de la soudure comporte une seule spire de grande section entourant un noyau magnétique ; ce dernier est entouré en même temps par un enroulement comprenant de 100 à plusieurs centaines de spires, dans

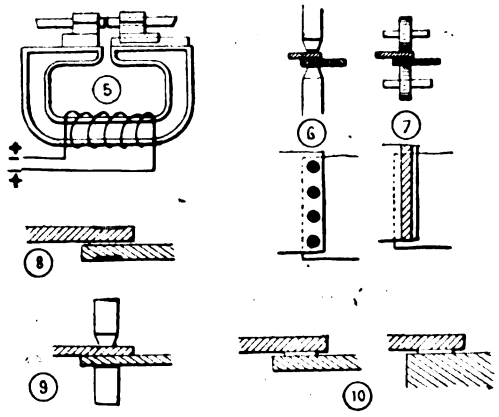


Fig. 5 à 10. — Soudure par résistance et rapprochement. Schémas.

lequel on envoie un courant alternatif produit par les procédés ordinaires.

Si, par exemple, le primaire comporte 100 spires et qu'on y envoie un courant sous une tension, aux bornes du transformateur, de 120 v, il se développera dans le secondaire une force électromotrice de 1,2 v sensiblement.

La résistance du circuit, ainsi que son inductance, sont absolument négligeables.

La résistance de contact au point à souder varie dans les conditions habituelles de 20 à 500 microhms.

Finalement le courant variera, pour la tension spécifiée ci-dessus, de 2 400 à 60 000 A.

Si l'on prend ce dernier chiffre, toute la chute de tension du circuit étant, il ne faut pas craindre d'insister là-dessus, localisée au point de soudure, l'énergie libérée par seconde en ce point sera de

$$60\,000 \times 1{,}2 = 7{,}2 \text{ kilojoules.}$$

De cette énergie dégradée en chaleur, une forte partie disparaît par conduction et rayonnement.

En admettant que 50 pour 100 en reste dans la région en travail, il demeure finalement, utilisée en ce point pour l'objet envisagé une énergie de 3,6 kilojoules.

Cette énergie dégradée est capable de porter un kilogramme de métal à la température de fusion — sans le fondre (c'est-à-dire si l'on ne fournit par la chaleur de fusion) — dans les temps approximatifs suivants :

Fer	6	minutes
Cuivre	2	
Aluminium	4	

Bien entendu, ces chiffres ne sont que des indications extrêmes ; car les cas sont rares où la masse à échauffer pour la soudure atteigne 1 kg. Généralement, au contraire, la masse à échauffer ne dépasse pas quelques grammes ; c'est dire que, même avec un transformateur de capacité réduite et une consommation de puissance peu élevée, la soudure se fait à peu près instantanément, au moyen des dispositifs mécaniques mentionnés ci-après.

Les différents types de machines à souder par résistance ne se distinguent les uns des autres que par la forme des électrodes. Les principaux sont les suivants.

Machines a souder par points (fig. 5). — L'une des électrodes est fixe ; on fait reposer sur elle les pièces à souder ; l'autre est mobile ; elle est disposée au-dessus de la première et peut être abaissée au moyen d'une commande par tige et d'une pédale, le relevage étant déterminé automatiquement par un ressort.

Quand l'action de la pédale abaisse l'électrode supérieure, celle-ci entre en contact avec l'électrode inférieure par l'intermédiaire des pièces à souder ; le circuit secondaire du transformateur est fermé ; le passage du courant échauffe les pièces qui se ramollissent et la pression de l'électrode supérieure détermine leur union intime.

Les électrodes étant terminées par des armatures tronconiques, on obtient un véritable point de soudure ; on juxtapose les points ainsi obtenus à des intervalles aussi rapprochés qu'il est nécessaire.

Pour réduire autant que possible la conduction de la chaleur dans la machine à souder, les électrodes sont refroidies au moyen d'un courant d'eau.

Machines a souder par lignes. — Dans bien des cas, la soudure par points plus ou moins rapprochés ne suffit pas ; toutes les fois notamment qu'il faut réaliser l'étanchéité de la pièce finie. Dans ce cas, la jonction des pièces doit être faite suivant une ligne continue.

Celle-ci peut être réalisée de plusieurs manières.

Machines a souder par points alignés. — On utilise encore une machine à souder par points, mais dans laquelle la levée et la descente de l'électrode supérieure sont obtenues automatiquement au moyen d'une commande par moteur. L'ouvrier peut ainsi concentrer toute son attention sur les pièces à souder dont il règle sans difficulté l'avancement sur les électrodes. Celui-ci se fait

Digitized by Google

assez lentement pour que tous les points alignés se recouvrent parfaitement et soient jointifs (fig. 5).

Machines a rouleaux. — Dans ces machines, surtout employées pour la soudure des fûts métalliques, les deux électrodes ont la forme de rouleaux entre lesquels la pièce à souder est entraînée. L'intervention de l'ouvrier se borne à mettre en place les pièces, à embrayer le moteur au moyen d'un dispositif qui ferme en même temps le circuit électrique et à diriger correctement les pièces.

Il est évident par exemple que, pour souder un fût, le déplacement des tôles déjà cintrées doit être parfaitement rectiligne, afin que la soudure se fasse rigoureusement suivant une génératrice.

Dans d'autres appareils utilisés surtout pour la soudure des petites pièces, les électrodes ont la forme de roulettes dont l'une est actionnée à la main au moyen d'un levier. Cet appareil, d'un emploi très répandu dans certaines usines, permet une très grande rapidité d'exécution.

D'autre part, les soudures obtenues sont à peine visibles et ne déterminent aucune surépaisseur.

Il en résulte que, pour obtenir certaines surfaces de révolution à génératrices courbes ou brisées, il est possible de souder, au moyen d'un appareil à roulette, un cône qui est ensuite amené à sa forme définitive par emboutissage (fig. 11).

Machines spéciales pour cylindres étroits. — Pour la soudure de pièces creuses étroites et allongées, telles que des becs de cafetières, on utilise une machine dont la disposition générale est la suivante :

Le centre d'un plateau qui forme l'une des électrodes est traversé par un tourillon saillant qui constitue la seconde électrode. Sur le plateau est disposé un chariot de serrage appliquant l'une sur l'autre les deux moitiés estampées de la pièce, de telle façon que les arêtes soient en contact. Le chariot porte une crémaillère pouvant engrener avec un pignon calé sur le tourillon.

Quand le chariot, avec les pièces à souder, est amené contre l'électrode tourillon, le courant passe de cette dernière aux arêtes en contact, puis au plateau. D'autre part, un moteur imprime au tourillon un mouvement lent de rotation, qui détermine, par l'intermédiaire de la crémaillère, une translation du chariot.

La molette qui termine l'électrode rotative repousse les arêtes échauffées par le passage du courant et produit ainsi une soudure sans joint visible.

Machines a souder les chaines. — La fabrication des chaînes au moyen de la soudure électrique est, depuis déjà près de vingt ans, une des applications les plus importantes de cette dernière. La soudure par résistance s'adapte en effet admirablement à la fermeture des maillons, pour tous les diamètres de fil compris entre 2 et 10 mm, et, dès qu'il s'agit d'une fabrication continue et en série, elle constitue le mode d'assemblage de beaucoup le plus économique. La fabrication d'une chaîne se fait en deux temps principaux.

Le premier comporte des opérations purement mécaniques sur lesquelles il n'y a pas lieu d'insister autrement et qui se font à l'aide de machines à fonctionnement automatique. Le fil est coupé de longueur voulue et plié en forme d'U ; le segment replié est introduit dans le maillon précédent ; les deux branches de l'U sont alors repliées de manière à se rejoindre à peu près exactement, le joint se trouvant sur un des côtés rectilignes du maillon.

La soudure se fait en comprimant le joint entre deux électrodes à refroidissement par circulation d'eau.

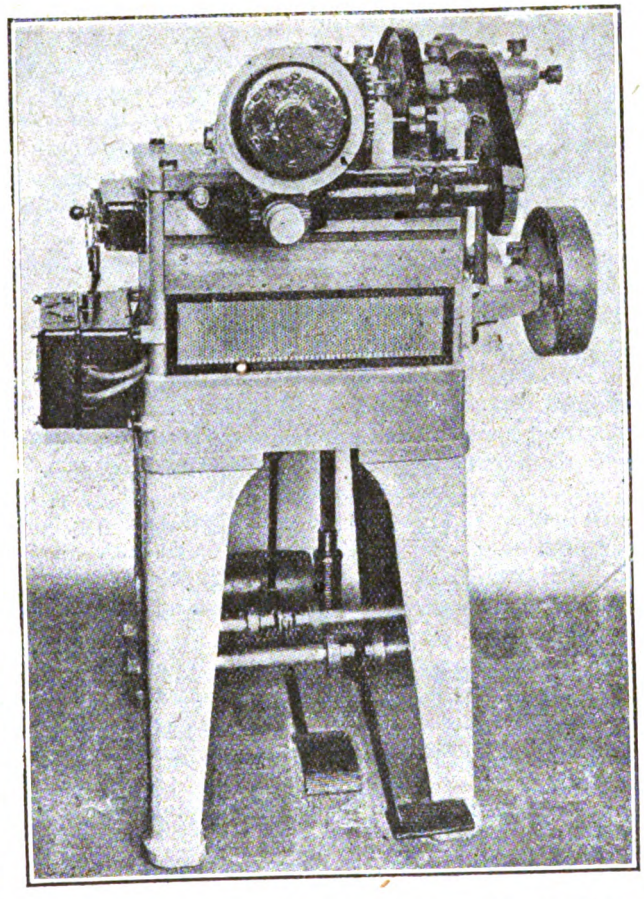


Fig. 11. — Machine à souder à rouleaux semi-automatique.

Chaque soudure demande de 2 à 10 sec suivant le diamètre du fil primitif. Il faut remarquer que deux maillons consécutifs sont toujours dans des plans perpendiculaires.

Par suite, la soudure d'une chaîne complète se fait en deux séries d'opérations élémentaires. Dans la première on soude les maillons pairs ; dans la seconde les maillons impairs, toute la chaîne ayant subi entre les deux séries une rotation de 90°.

Soudure des pièces de grande section. — Jusqu'ici nous n'avons parlé que de la soudure des pièces de faible action, fils ou tôles.

Digitized by Google

Pour les pièces de section importante, on emploie des machines opérant par juxtaposition. Les deux pièces à souder sont serrées dans des mâchoires qui se déplacent l'une vers l'autre, de façon que les surfaces terminales des pièces viennent en contact.

La section devenant importante, l'intensité du courant est très élevée, la puissance mise en jeu peut atteindre plusieurs centaines de kilowatts.

Les machines de ce type se prêtent particulièrement bien à la soudure des extrémités de jantes, de pièces rapportées sur des arbres, et en général de toutes pièces profilées.

Soudure électrique des rails de tramways. — Dès que les ingénieurs de tramways eurent reconnu qu'il était possible, sans danger de dislocation de la voie, de souder les uns aux autres les rails qui la constituent — opération qui favorise singulièrement le retour du courant par les rails — on songea à utiliser à cet effet la soudure électrique.

Des essais concluants furent faits dans un certain nombre de villes d'Amérique et en Europe.

Voici la technique qui a été utilisée à Birmingham, en 1910.

Les rails, décapés à la meule émeri, sont rapprochés jusqu'au contact ; les deux extrémités en regard sont entourées d'une boîte en tôle remplie d'une composition carburée destinée à jouer le rôle de flux ; sur le rail même on a disposé une feuille de cuivre.

De chaque côté de la boîte, les rails sont saisis dans une pièce en cuivre reliée à un pôle d'un transformateur analogue à ceux qu'on emploie dans les ateliers de soudure, c'est-à-dire à grande intensité sous faible tension.

Dès que le courant passe, les extrémités du rail arrivent au rouge blanc ; la composition s'enflamme et produit une flamme contenant des gaz réducteurs qui empêchent l'oxydation ; le cuivre fond et soude les deux extrémités des rails.

En somme, il s'agit là d'une brasure plutôt que d'une soudure autogène.

La soudure électrique est également appliquée, par certains réseaux qui n'ont pas adopté la soudure des rails, à la soudure des éclisses avec ces derniers.

Il faut reconnaître toutefois que, pour cette application spéciale, la soudure électrique ne semble pas un procédé de choix : elle nécessite en effet le transport à l'endroit de chaque joint d'un matériel encombrant : convertisseur pour transformer en courant alternatif le courant continu emprunté à la ligne, et transformateur.

Il semble que, dans l'espèce, le dernier mot soit resté peut-être pour longtemps à l'aluminothermie [1].

La soudure électrique appliquée aux différents métaux. — Comme on a pu déjà le voir par l'exposé précédent, la soudure électrique avec ses différentes modalités s'applique d'une façon parfaite au fer, à la fonte et à l'acier : on peut dire que, à cet égard, l'application est complètement au point.

Il n'en est pas encore de même pour les autres métaux. Nous donnons donc ci-après quelques indications sur la façon dont la soudure électrique se comporte suivant la nature des pièces à souder.

Fer. — Le fer, surtout les tôles, se soude parfaitement, quel que soit le procédé employé. Le système choisi est imposé uniquement par la forme des pièces à souder.

Aciers. — Les divers aciers se soudent très bien ; mais les propriétés élastiques de l'acier sont altérées au point de soudure. Il est donc nécessaire de ne faire de soudure, dans une pièce d'acier, qu'aux endroits où l'on utilise ses propriétés de résistance et non d'élasticité. Par exemple, sur un outil, il ne sera pas possible de faire une soudure satisfaisante à l'usage dans la région de travail.

Cuivre. — Le cuivre présente, pour son application à la soudure électrique, quelques difficultés dues à celles de ses propriétés qui sont généralement les plus utiles : son excellente conductibilité électrique et thermique ; et au fait que le cuivre, à la différence du fer, passe presque sans transition de l'état solide à l'état liquide, sans arrêt à l'état pâteux.

On emploie pour le cuivre la soudure par rapprochement, la quantité d'énergie nécessaire étant toutefois plus considérable que pour une opération analogue sur le fer, à cause de la conductibilité élevée du cuivre.

D'autre part, par suite de la difficulté de concentrer au point de jonction des quantités suffisantes de chaleur, on n'a pas pu encore, à notre connaissance, souder les feuilles de cuivre ni par points, ni par ligne.

Aluminium. — On parvient à souder des pièces d'aluminium par rapprochement. L'opération reste toutefois difficile, à cause de la couche d'alumine qui se forme rapidement.

L'opération nécessite soit l'emploi du fondant Odam,

(1) L'aluminothermie dérive des travaux de Moissan qui, cherchant à isoler le vanadium de l'acide vanadique, démontra, en 1896, qu'un mélange d'aluminium et d'acide vanadique pulvérulents s'enflammait quand on le projetait à la surface d'un bain d'aluminium fondu ; l'acide vanadique était réduit.

Cette réaction fut appliquée à la production d'alliages comprenant d'une part l'aluminium, de l'autre le vanadium, le nickel, le chrome, le tungstène, le titane, etc.

M. Goldschmidt découvrit que pour obtenir l'inflammation complète du mélange, il suffisait de provoquer l'inflammation en un point : la réaction est en effet violemment exothermique, elle dégage rapidement une quantité énorme de chaleur.

Dans l'aluminothermie on remplit un creuset de magnésie d'un mélange d'aluminium et d'oxyde de fer pulvérulents (mélange dénommé thermit). On provoque la réaction en allumant une capsule de peroxyde de baryum et d'oxyde de fer. La réaction est immédiate, elle donne du fer fondu surchauffé qui reste liquide assez longtemps et du corindon qui surnage.

Digitized by Google

soit le tour de main suivant : on fait percer la couche d'oxyde par la tension du courant, les deux points métalliques propres en regard se soudent, on achève la réunion des deux surfaces en procédant de proche en proche : le succès de l'opération dépend essentiellement de l'adresse de l'ouvrier.

Métaux de natures différentes. Brasure. — On arrive à souder des métaux de natures différentes, directement et sans intermédiaire.

Mais il semble que dans l'état actuel des choses, le mieux soit de faire appel à un ciment métallique, c'est-à-dire à une brasure.

L'échauffement par effet Joule a donc pour effet uniquement de fondre la brasure déposée au droit des surfaces à réunir.

En ce qui concerne la résistance des soudures et leurs propriétés mécaniques, on peut, d'une manière générale, énoncer les propositions suivantes.

Dans la soudure par arc, la soudure est plus dure et plus cassante que le reste du métal qui semble s'être carburé à l'endroit du joint.

Dans la soudure par résistance au contraire, la soudure a sensiblement les mêmes propriétés mécaniques que le reste du métal avec une légère diminution d'élasticité.

Voici quelques chiffres moyens résultant d'une série d'essais à ce sujet :

		A	B
Fers plats	non soudés	31,850	28,75
	soudés	31,200	18,30
Aciers doux ronds	non soudés	44,500	27,10
	soudés	44,100	17,60
Tôles	non soudées	41,750	11,10
	soudées	43,600	18,80

A : Résistance à la traction en kilogrammes par millimètre carré.

B : Allongement en pour 100 à la rupture.

La soudure employée était la soudure par résistance.

Conclusion. — S'il est difficile de prévoir avec précision l'avenir des différents procédés de soudure électrique, on peut toutefois, dans l'état actuel de la technique, faire les constations suivantes.

Pour les petites opérations dont les travaux de plomberie constituent le type, les procédés anciens demeurent les seuls applicables.

Signalons toutefois que l'emploi des fours électriques à résistance pour le chauffage des fers à souder se répand de plus en plus, surtout aux États-Unis.

Pour la soudure des grosses pièces et les réparations importantes, il semble que la soudure autogène faite par des soudeurs exercés demeure le meilleur procédé ; ce fait, toutefois, ne semble dû qu'à l'avantage de la soudure autogène de ne pas nécessiter d'installations électriques et de n'exiger comme tout matériel qu'un chalumeau, deux tubes à gaz comprimés ou dissous et quelques mètres de caoutchouc.

Pour tous les travaux en série, en nombre suffisant pour justifier une installation génératrice, les divers procédés de soudure électrique sont nettement les plus avantageux, au point de vue de la commodité, de la sécurité et de l'économie.

Nous devons redire en terminant que certaines fabrications de guerre ont permis d'appliquer sur une vaste échelle la soudure électrique.

Toutes les fabrications en série de pièces en fer sont justiciables de cette dernière.

Notamment, la fabrication des bombes de tranchées et de toutes les pièces en tôles de constitution analogue a permis de constater ses avantages par rapport à la soudure autogène (1).

En dehors des avantages de commodité, de sécurité, de facilité d'installation qui sont évidents, les avantages économiques sont sensibles.

Nous avons eu ainsi l'occasion de faire des comparaisons instructives entre la soudure autogène et un procédé moderne de soudure dérivé de l'arc, dans la fabrication des bombes de tranchées. Sans qu'il nous soit permis de donner d'autres précisions, nous pouvons dire que l'économie réalisée était de 15 à 20 pour 100.

Il faut donc souhaiter que nos ingénieurs puissent continuer ou reprendre l'étude et accentuent le perfectionnement de ces applications de l'électricité qui devront servir, dans leur domaine, à notre reconstitution économique, après avoir servi, mises au service de notre activité militaire, à préparer le retour de la paix.

Jean Guerner.

(1) Des industriels ingénieux ont également, paraît-il, songé à utiliser la soudure électrique pour d'autres applications, par exemple l'obturation de fissures dans des gaines d'obus. Il s'agit là, toutefois, d'opérations d'un caractère technique trop spécial pour que nous puissions y insister.

Digitized by Google

Les postes, télégraphes et téléphones aux États-Unis

L'Administration française des Postes, Télégraphes, et Téléphones a envoyé aux Etats-Unis, au cours de l'année qui vient de s'écouler, une mission composée de l'Ingénieur en chef Pomey et des Ingénieurs Bouthillon et Valensi. Un extrait du rapport de M. Pomey sur les résultats généraux de cette mission a été publié dans le dernier fascicule des « Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones » C'est cet extrait que nous reproduisons ci-dessous.

La mission que l'Administration des Postes et Télégraphes a envoyée en Amérique vient de rentrer en France, après avoir accompli sa tâche sous le patronage de M. Tardieu, haut commissaire du gouvernement de la République française auprès des États-Unis. Elle a été touchée de l'accueil bienveillant et souvent chaleureux qu'elle a rencontré partout en Amérique et elle en conservera le souvenir reconnaissant. Beaucoup de renseignements confidentiels lui ont été donnés pour le bien commun en raison de la participation des États-Unis à la guerre ; des travaux de recherches qui, en temps ordinaire, auraient été tenus secrets lui ont été généreusement communiqués ; et elle a bénéficié de l'union qui existe entre tous les laboratoires industriels américains, autrefois rivaux, aujourd'hui associés dans une œuvre commune de salut national.

La mission a eu l'occasion de faire des constatations du plus haut intérêt, en ce qui concerne les techniques intéressant les Postes, Télégraphes et Téléphones. Sans doute, les périodiques américains avaient annoncé que la communication téléphonique, qui, il y a quelques années, s'étendait de New-York à Denver, avait été prolongée jusqu'à San Francisco, mais nous ne savions pas au juste si ce résultat merveilleux était une brillante expérience ou un résultat entré définitivement dans la pratique. Or, les fonctionnaires de la mission ont pu, grâce à l'obligeance de l'éminent ingénieur, M. J-J. Carty, téléphoner eux-mêmes de son bureau de New-York avec San Francisco (5000 km environ) et se rendre compte de la puissance et de la perfection des moyens employés. Il y a sur cette ligne six relais téléphoniques. Et c'est là le point à noter : le relais téléphonique est aujourd'hui d'un emploi généralisé ; il y en a déjà plus de six cents en service aux États-Unis. Toutes les fonctions accessoires nécessaires pour rendre son emploi simple et facile dans l'exploitation ont été incorporées dans le dispositif, qui se présente ainsi comme un objet de matériel d'usage courant, arrivé à sa forme définitive.

Le relais téléphonique est appelé à transformer profondément la constitution des réseaux interurbains : les fils de cuivre de gros diamètres (égaux ou supérieurs à 3 mm) ne seront plus jamais utilisés pour les circuits téléphoniques et cependant la portée des communications téléphoniques sera considérablement agrandie.

La construction des lignes présente aussi aux États-Unis des particularités remarquables : c'est le plus souvent sur poteaux que l'on pose les câbles sous papier *sans circulation d'air sec* et il faut noter l'accroissement considérable du nombre des paires contenues sous une même enveloppe de plomb.

Nous ne parlerons pas ici de la généralisation du téléphone semi-automatique, de l'extension extraordinaire prise par les appareils à prépayement, etc. Des conférences faites à l'amphithéâtre de l'École supérieure donneront ces détails et les Annales tiendront leurs lecteurs au courant.

Mais si l'Amérique est la terre classique de la téléphonie, ce n'est pourtant pas seulement la téléphonie qui a offert à la mission un champ d'études inexploré. Toutes les autres branches de la technique : radiotélégraphie, télégraphie et poste ont présenté d'intéressantes nouveautés.

La presse nous a fait savoir qu'on avait pu téléphoner sans fil à travers le continent américain, de San Diego à Arlington, comme on avait pu le faire antérieurement au-dessus de l'Atlantique. Ces expériences n'ont pas encore donné lieu à un essai d'exploitation. Cependant l'on téléphone aisément par la radiotélégraphie à courte distance entre l'Atelier du Génie à Washington et le poste radiotélégraphie d'Arlington ; à la General-Electric Co, il y a de petits postes radiotéléphoniques pourvus d'amplificateurs magnétiques, dus à l'ingéniosité de M. Alexanderson.

Ces postes peuvent être utilisés également au télégraphe. Ils comportent comme générateurs d'oscillations soit un alternateur à haute fréquence, soit une combinaison de lampes à trois électrodes, et comme dispositif de transmission un amplificateur magnétique. Ils peuvent être pourvus d'un multiplicateur de fréquences qui, en modifiant la période des oscillations, permet de transmettre avec différentes tonalités et de donner ainsi au dispositif mécanique à fréquence unique de l'alternateur une partie de la flexibilité si avantageuse de l'arc.

Signalons enfin que la marine des États-Unis faisait des essais au poste radio-électrique de New Brunswick sur un alternateur à haute fréquence construit sur les données de M. Alexanderson, et de grande puissance ; cette machine paraît offrir de sérieux avantages sur l'alternateur Goldschmidt.

La visite des postes radiotélégraphiques de grande puissance, actuellement exploités par la marine, celle du Bureau of Standards et du laboratoire de M. Alexanderson ont permis de rapporter une ample moisson de résultats nouveaux.

Jusqu'à ces dernières années, il semblait que la télégraphie en Amérique utilisât presque exclusivement le

Digitized by Google

sounder sur les lignes desservant simultanément un assez grand nombre de postes et que les appareils imprimeurs n'y eussent pas pris droit de cité.

Déjà, pourtant, un caractère assez remarquable de cette exploitation consistait dans l'usage de la machine à écrire pendant la réception des télégrammes au son.

Le public apprécie beaucoup l'avantage de lisibilité qui en résulte. Mais aujourd'hui un multiplex imprimeur dérivé du Baudot s'est répandu dans les bureaux de la Western Union Telegraph Co. La transmission se fait au moyen de la machine à écrire ; en général, on obtient ainsi une bande perforée qui sert d'intermédiaire pour la transmission ; la réception se fait également par le moyen d'une machine à écrire sur une large bande sur laquelle se reproduit fidèlement la page du télégramme original. Le télégramme reçu est plié et inséré dans une enveloppe à fenêtre qui ne laisse voir que l'adresse. Le rendement doit être le même que celui des appareils similaires, mais l'étude minutieuse des diverses fonctions accessoires a été dans cet appareil poussée à ses dernières limites et cette mise au point parfaite paraît devoir donner à l'appareil une certaine supériorité. Nous ne tarderons pas sans doute à le voir en service sur les lignes qui relieront l'armée américaine à ses bases.

Enfin, la poste elle-même est considérée, à juste titre, nous semble-t-il, comme un service tout aussi technique que les autres. L'élévation des salaires a amené l'introduction d'un nombre considérable de machines de toute espèce, pour compter, additionner, rendre la monnaie, transporter les sacs, les paquets, les lettres. La forme et la disposition de ces appareils varient à l'infini suivant les besoins, ce sont des chaînes, des hélices, des courroies mobiles, des pick-up, etc., de toute nature. Les tubes pneumatiques, qui sont de grosses dimensions, sont employés pour la poste et non pour le télégraphe. Enfin, il y a en essai, à Chicago, une très curieuse machine automatique à faire le tri. Disons encore que, aussi bien à la poste que dans les grandes usines, les opérations de contrôle de la comptabilité et les relevés statistiques sont faits à l'aide de machines, au moyen de cartes perforées. Le service du contrôle des articles d'argent comporte un certain nombre de grandes salles de machines, où des opératrices traduisent en perforations les données numériques des mandats ; ce sont ensuite d'autres machines spéciales qui sont chargées d'interroger ces perforations, de contrôler les additions, d'assembler et de classer les cartes, d'établir la balance des comptes des receveurs. Aucun spectacle n'est plus instructif.

Le matériel postal, fermetures de sacs et cadenas, les sacs et leur dépoussiérage, les trucs électriques, wagons-poste, etc., ont été rapidement examinés ; des échantillons ou des dessins ont été gracieusement fournis par l'Administration américaine. Signalons que les wagons-poste sont entièrement en acier; il n'y a point de bois ; ils sont donc à l'épreuve du feu, et même, en cas d'accident, les chocs y sont moins dangereux, les déformations étant moins à redouter que des ruptures et les éclats. L'éclairage est électrique, il est assuré par une dynamo calée sur l'essieu associée à des accumulateurs. En ce qui concerne les prises de sacs en marche, un fonctionnaire américain qui, pendant quinze ans avait roulé sur les ambulants, disait qu'au cours de sa carrière il n'avait jamais manqué un sac, avec le crochet mobile qui sert à les prendre au vol en cours de route.

Le Government Printing Office est justement fier d'une très belle machine à imprimer les cartes-lettres, dont le débit est vertigineux; le Bureau of Engraving a mis remarquablement au point la fabrication en taille-douce à la machine des timbres courants et la confection des rouleaux. Il renonce, il est vrai, au perforage dans un des deux sens et les papiers qu'il met en œuvre sont excellents.

La mission a eu également l'occasion de voir plusieurs usines équipées pour la fabrication en série ; là rien ne peut être laissé à l'initiative de l'ouvrier et l'absolue conformité aux types qui est de rigueur à tous les stades de la fabrication y est contrôlée d'une façon continue. Les modèles sont étudiés avec les soins les plus persévérants, dans des ateliers à part ; enfin, les méthodes mêmes de travail sont l'objet d'une prédétermination. Il est remarquable de constater que l'on trouve, jusque dans le travail d'écritures, une section spéciale chargée de déterminer et de tenir à jour les méthodes de travail. Une modification ne peut donc être apportée à une fabrication que lorsque les spécialistes ont examiné, d'une façon approfondie, toutes les répercussions qui en résultent dans toutes les branches de l'usine. Toutes les opérations, en descendant jusqu'aux plus infimes détails, ont donc été préalablement essayées, modifiées, éprouvées et fixées. A partir de ce moment, tout l'ensemble est pareil à un mécanisme bien monté qui fonctionne automatiquement avec une absolue régularité; la production économique en grand est assurée par la fabrication en série; c'est dans ces conditions que la standardisation est obtenue. C'est ainsi que dans l'usine Ford où l'on fabrique 3 000 automobiles par jour, le prix payé à l'ouvrier peut s'élever à 0 dollar 45 par heure, sans compter la participation aux bénéfices qui est importante et cependant le prix de la main-d'œuvre n'entre dans la valeur du produit fabriqué que pour 12 pour 100 environ.

Toutes ces vastes organisations américaines possèdent un service d'études chimiques, d'exploitation et un laboratoire pour la réalisation des appareils nouveaux. Les services d'études ont des ingénieurs compétents, dont la responsabilité est d'assurer à leur société ce qu'il y a de meilleur. Avec une attention et un soin remarquables, ces ingénieurs de l'exploitation étudient toutes les difficultés, même les plus légères, que la pratique courante rencontre et signale; ils se préoccupent de définir exactement ces difficultés et de déterminer toutes les conditions à remplir pour les faire disparaître. Le problème étant clairement posé et avec des données précises, le Service des Études en recherche immédiatement la solution sous forme de méthode d'exploitation nouvelle à introduire ou sous forme d'appa-

Digitized by Google

reil nouveau à mettre en service. S'il s'agit de créer un appareil nouveau, le Service des Études fait appel au Laboratoire, auquel il donne les spécifications de l'appareil désiré dont il suit et critique les travaux au fur et à mesure de la réalisation de l'appareil. Ces recherches du Service des Études et la collaboration entre ce Service et le Laboratoire conduisent toujours à une solution excellente, qui n'est peut-être pas ce qu'un inventeur trouverait de meilleur, ni ce qu'un fournisseur intelligent livrerait au moindre prix, mais ce qui répond le mieux aux conditions du problème envisagé sous toutes ses faces, en tenant compte de toutes les répercussions, des frais d'entretien et de déplacement, des modifications de locaux, des transformations corrélatives de matériel et de personnel, des habitudes du public, des durées d'application prévues.

Les conditions étant une fois fixées par les ingénieurs, la méthode nouvelle ou l'appareil nouveau sont standardisés, c'est-à-dire deviennent soit une pratique régulière et généralisée à l'exclusion de tout autre, soit un appareil de type adopté une fois pour toutes, produit en série en grandes quantités et pendant une longue durée.

Naturellement, le groupement chargé du Service d'études et de recherches techniques exige des sociétés d'exploitation associées un tribut qui lui permet de faire face aux dépenses qu'entraînent la constitution et l'entretien de ces laboratoires, merveilleusement outillés, et de ces bureaux d'ingénieurs où des spécialistes procèdent, en grand nombre et souvent avec une très grande indépendance, à des travaux de technique supérieure ou même de science pure. Mais ces recherches industrielles, faites avec des méthodes scientifiques, ont été, dès le début, une source si féconde de perfectionnements, ceux-ci entraînant eux-mêmes des économies si importantes dans l'exploitation, que les sociétés particulières privées ne trouvent pas trop élevées les redevances qu'elles paient aux laboratoires. Et dans aucun pays, les industriels n'ont plus qu'aux États-Unis foi et confiance dans la recherche scientifique, bien que, plus que partout ailleurs, avec un sens pratique très sûr, ils soient habitués à apprécier en argent la valeur des choses.

J.-B. Pomey,
Ingénieur des Télégraphes

Des transports aériens pour la manutention des matières premières dans l'industrie

La présente étude ayant pour but principal d'attirer l'attention des constructeurs d'appareils de manutention sur l'énorme débouché qui s'offre à leur activité dans cette catégorie d'appareils, nous avons résumé les données pratiques, fruit de plusieurs années d'expérience, permettant de réaliser les transports aériens bicâbles, en utilisant des appareils de construction exclusivement française. Ces installations étant le complément indispensable des appareils de levage, nous pensons que les maisons s'occupant de la construction de ces derniers sont les mieux placées pour entreprendre ce genre de fabrication. Nous avons condensé dans cette étude les éléments indispensables à l'établissement des transports aériens bicâbles, dont l'utilité est reconnue actuellement par un grand nombre d'industriels, et que nous espérons voir avant peu se réaliser en France sur une grande échelle, sans avoir recours aux brevets allemands.

Les premiers essais concernent les transports aériens comme appareils de manutention remontent à une quarantaine d'années.

Quoique les premières études aient été faites en Italie, ce fut l'Allemagne qui, comme toujours, profita du travail de ses voisins et entreprit la construction des transports aériens de grande longueur.

Toutefois, à la même époque, la maison Neyret et Brénier, de Grenoble, construisait également ce genre d'appareil.

Il est regrettable que, dans un pays comme la France, où l'activité industrielle devient de plus en plus grande, vu la richesse du sol en produits de toute sorte et surtout en minerais, il ne se soit pas créé de maison pour construire ces installations qui, jusqu'à ce jour, ont été fournies par l'Allemagne aux industries françaises.

Les quelques rares firmes qui se sont occupées de la construction de ces appareils en France étaient, avant la guerre, tributaires des brevets allemands et de ce fait, la plus grande partie des bénéfices réalisés profitait non pas à l'industrie française, mais bien à nos voisins qui parvenaient ainsi à avoir le monopole de ces constructions.

Avec le système de la prime à l'exportation, instauré par le gouvernement allemand, tous les produits manufacturés au delà du Rhin pouvaient entrer en France à des prix bien inférieurs à ceux de nos industries.

Quant à ceux fabriqués en France pour leur compte ou sous la garantie de leurs brevets, les prix étaient, pour la même raison, beaucoup moins élevés que ceux exigés par l'industrie purement française.

La situation dans laquelle va se trouver après les hostilités la région industrielle du Nord ainsi que celle de l'Est, nécessitera forcément une réorganisation complète des industries, si l'on veut se passer des produits que l'on était forcé de demander à l'Allemagne.

Les industries minière et métallurgique surtout, qui

Digitized by Google

dans les pays envahis seront apparemment désorganisées, auront besoin, pour rétablir une production proportionnelle aux besoins de la nation revenue à la vie normale, d'être réorganisées avec tous les perfectionnements indispensables à une production intense.

Pour arriver à ce but, il est nécessaire que, dès à présent, on pense à organiser l'industrie nationale de façon à être en mesure, le moment venu, de suppléer au manque de main-d'œuvre qui, nécessairement, se fera sentir dans toutes les branches de l'industrie.

Comme pour une production intense il faut, avant tout, posséder des appareils de manutention mécanique permettant de transporter soit les matières premières, soit les produits manufacturés à pied d'œuvre ou à l'emmagasinage, avec le moins de bras et dans le plus court temps possible, on sera amené à utiliser les manutentions d'une façon automatique.

Les transports aériens par câble rentrant dans cette catégorie, nous pensons utile de donner aux lecteurs de la « Revue générale de l'Électricité » un aperçu des calculs et des travaux préparatoires nécessaires à l'établissement de ces installations.

I. — Etablissement du plan de l'installation.

— 1. Levé du terrain. Nous commencerons par l'étude du levé de terrain sur lequel on se propose de faire passer la ligne aérienne.

Pour le levé de terrain, on se sert généralement d'un tachéomètre ou théodolite dont la lunette permet de faire des visées portant au moins à 700 ou 800 m de distance.

Lorsque le point terminus de la ligne est visible du point de départ, il est préférable de placer l'instrument en station à un de ces deux points et de viser l'autre si toutefois la distance n'est pas trop grande pour la portée de la lunette.

Ces deux points étant déterminés, on jalonnera toute la ligne ou tous les points visibles de cette ligne en ayant soin de commencer toujours par les points les plus éloignés.

Ces points intermédiaires étant déterminés, ils pourront servir à en déterminer d'autres que les accidents du terrain ou les bâtiments ne permettent pas d'apercevoir lors de la visée totale de la ligne.

Lorsque l'on a à contourner un bâtiment, on peut procéder de deux façons :

1° L'instrument est placé en un point intermédiaire déterminé lors de la visée totale, mais choisi de telle sorte que l'on puisse faire la visée avant et la visée arrière sur une certaine longueur qui doit être au moins de 5 m.

Dès que l'on a placé l'instrument dans l'alignement parfait, on fait décrire à la lunette un angle de 90°.

Dans la direction indiquée, on mesure une longueur arbitraire aussi grande que possible.

Au point ainsi déterminé, on place l'instrument afin de tracer une parallèle à la ligne générale; sur cette parallèle, on détermine un second point qui sera celui où l'appareil sera placé en station pour tracer une perpendiculaire et sur cette dernière, on mesurera exactement la longueur arbitraire que l'on avait choisie précédemment.

La ligne générale sera ainsi déterminée au delà du bâtiment qui gênait la visée totale (fig. 1).

2° Le second procédé est plus expéditif que le précédent, mais il ne peut être employé que quand la disposition des lieux le permet.

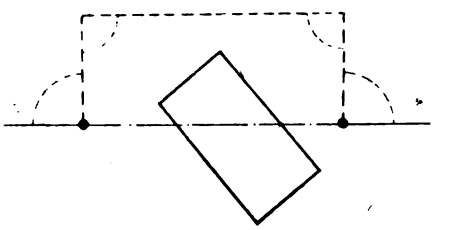


Fig. 1. — Contournement d'un bâtiment, premier procédé.

On place l'appareil au point intermédiaire A (fig. 2), on vise ensuite un point B, choisi de telle façon que l'on aperçoive le point A' et que la ligne A B fasse avec la direction des points intermédiaires un angle de

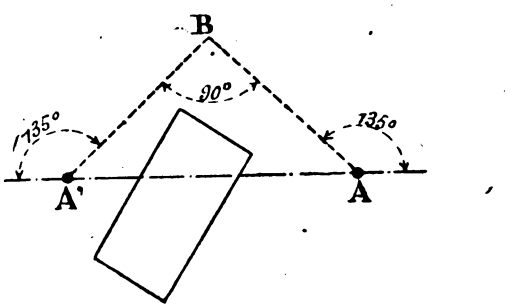


Fig. 2. — Contournement d'un bâtiment, second procédé.

135°, on place ensuite l'appareil en B pour mesurer un angle de 90° sur la direction B A', on porte la longueur BA' égale à A B mesurée au moyen du ruban; le point A' ainsi déterminé, on installe l'instrument en ce point pour tracer un angle de 135° en prenant comme base la droite B A', cette opération détermine la direction de la ligne au delà de l'obstacle.

Triangulation. — Il n'est pas toujours possible de tracer la ligne de façon aussi simple, et l'on doit parfois effectuer une triangulation complète des lieux.

Ligne de base. — Pour effectuer cette triangulation d'une façon précise, il est indispensable que la ligne de base soit mesurée avec une exactitude rigoureuse et autant que possible horizontalement.

Sa longueur doit au moins être égale à 40 m; si les opérations sont faites à une température assez élevée, il est nécessaire de tenir compte de la dilatation du ruban, cette dilatation peut atteindre 1 mm par degré de température et par longueur de ruban de 10 m.

On remarque que cette dilatation peut produire une différence sensible sur la mesure des triangles après

Digitized by Google

une série d'opérations effectuées sans en tenir compte.

Pour éviter cet allongement de ruban, on peut se servir d'une règle en bois de 5 m de longueur sur laquelle on place un niveau à bulle d'air, de façon à bien observer l'horizontalité.

La base est donc mesurée en partant d'un point où l'appareil est mis en station et qui sert à diriger, dans une direction absolument droite, les aides chargés de jalonner la distance à mesurer.

La mesure de la base étant faite dans un sens, on aura soin de répéter cette mesure en partant du point d'arrivée jusqu'au point de départ.

Dans le cas où l'on trouve une différence, si légère soit-elle, on mesurera une troisième fois et la mesure finale sera prise égale à la moyenne arithmétique des trois longueurs obtenues.

La base étant déterminée d'une façon rigoureusement exacte, il reste à mesurer tous les angles des triangles dont il est prudent de tracer un canevas après examen des lieux.

Mesure des triangles. — Les côtés de ces triangles seront choisis, autant que possible, de manière à avoir des triangles isocèles dont les angles seront aussi obtus que possible.

Cette façon de procéder permet, lors du tracé de la triangulation, un raccordement nettement déterminé entre les différents côtés constituant les divers triangles.

Les levés de terrains doivent être très précis lorsque l'on procède par triangulation; il est même très prudent de vérifier, par un mesurage sur le terrain, quelques-uns des côtés calculés et dont on a repéré l'emplacement au moyen de tiges en fer enfoncées dans le sol à l'endroit exact où ont été posés les jalons lors de la visée.

Dans le cas où l'on constate une erreur de 5 cm pour 100 m de longueur mesurée, il y a lieu de vérifier la mesure des angles et le calcul des côtés.

Lorsque l'on effectue les visées sur jalons, il est indispensable que celles-ci soient faites sur le pied des jalons; lorsque l'on doit viser sur le dessus, il faut prendre la précaution de vérifier la parfaite verticalité du jalon au moyen d'un fil à plomb.

2. Tracé des voies. — *Voies à proximité des stations ou des pylônes.* — Si l'on a besoin de tracer sur le terrain l'emplacement de voies pour chemin de fer passant soit à proximité des stations d'angle, soit aux stations de chargement ou de déchargement et que ces voies soient en courbe, on peut employer diverses méthodes; nous en indiquerons deux qui sont les plus courantes:

1° Quand deux points de tangence de la courbe sont visibles;

2° Quand un seul point est visible.

Dans le premier cas (fig. 3) l'appareil étant placé en A, on mesure un angle α que l'on répète jusqu'en B; un chaîneur mesure, en partant de A, une longueur de 5 ou 10 m selon la grandeur de la courbe et dans la direction de a; ensuite en partant de ce dernier point, le chaîneur continue à porter la longueur choisie jusqu'en a' et enfin il répète cette opération jusqu'à ce qu'il soit arrivé au point B. Ces opérations successives déterminent une série de cordes qui donne la courbe approximative.

Dans le second cas, on peut mesurer sur la ligne de tangence, une longueur Ay choisie de telle sorte que le point a' déterminé par l'ordonnée ya' soit visible du point

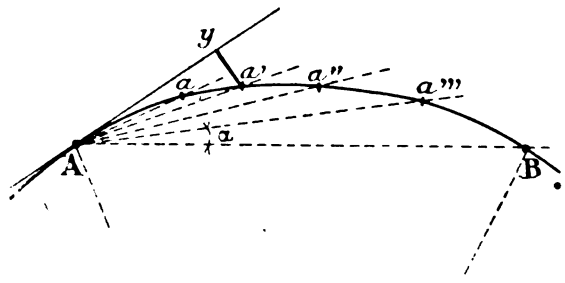


Fig. 3. — Tracé d'une voie courbe, premier procédé.

B, ce qui permet de tracer la courbe par le procédé précédent; la valeur de l'ordonnée ya' sera :

$$ya' = R - \sqrt{R^2 - Ay^2}.$$

Voies courbes. — Pour le tracé des courbes, on peut aussi faire usage du curvigraphe système Bourgueil dont le principe est basé sur la réflexion des jalons sur deux miroirs, dont l'un est fixe et le second mobile sur un axe vertical.

Cet appareil, dont les dimensions sont très réduites, 85 mm de hauteur et 35 mm de diamètre, est construit par la maison Morin de Paris.

Etant données deux droites CA et DB (fig. 4) à raccorder par une courbe, le problème consiste à trou-

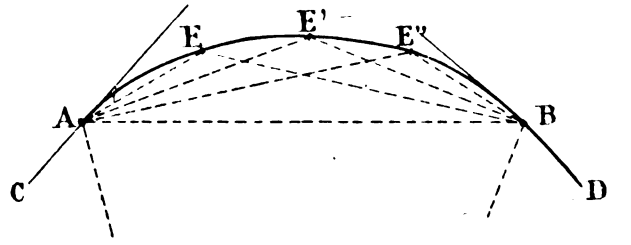


Fig. 4. — Tracé d'une voie courbe, second procédé.

ver les points E, E', E'', etc., sur un même arc de cercle, et tels, par conséquent, qu'ils soient les sommets d'angles AEB, AE'B, égaux à l'angle CAB.

Les deux points de tangence étant connus, on place sur chacun de ces points A et B un jalon et un troisième sur l'un des alignements à raccorder, mais à une distance quelconque, par exemple en C; on tient, de la main gauche, l'instrument au-dessus du jalon A, et de la main droite on fait tourner le miroir mobile jusqu'à ce que les images des jalons C et B viennent se superposer suivant une ligne droite verticale.

Digitized by Google

L'angle C A B étant égal à l'angle du segment correspondant à l'arc que l'on doit décrire, si l'on enlève le jalon C et si l'on cherche une position telle que les jalons A et B, vus par réflexion, paraissent se confondre, l'instrument se trouvera au sommet d'un angle égal à C A B et par conséquent sur un point de l'arc A B.

Pour obtenir ensuite ce point sur le terrain, on laissera tomber une fiche plombée introduite à l'avance dans l'appareil.

En continuant ces opérations successives, on obtiendra sur le terrain une série de points qui détermineront la courbe cherchée.

Pour arriver à un résultat certain au moyen de cet appareil il est indispensable que l'opérateur se place toujours à l'intérieur de l'arc.

3. Levé de l'emplacement des batiments. — Pour faire le levé exact de l'emplacement des bâtiments on place le théodolite en station au-dessus d'un point de la triangulation, on vise ensuite successivement les arêtes extrêmes du bâtiment considéré et l'on mesure l'angle AOB (fig. 5) ; on fait de même pour l'angle AO'B en se plaçant en O'.

Pour faciliter le tracé des intersections on mesurera des angles aussi obtus que possible.

La ligne AB du bâtiment étant ainsi déterminée par rapport à deux points de la triangulation, il ne reste plus qu'à mesurer la longueur et la largeur au moyen du ruban, ce qui donne l'emplacement exact que l'on cherche.

Les différents obstacles étant déterminés par la triangulation, on tracera cette triangulation à une échelle convenable, qui est souvent prise au 5/100, ce qui permet d'indiquer l'axe de la ligne dans son entier entre deux stations.

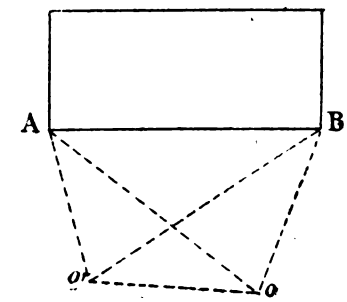


Fig. 5. — Détermination de l'emplacement d'un bâtiment.

4. Nivellement du terrain. — *Profil en long et en travers.* — Cet axe ainsi déterminé, il reste à faire le nivellement qui, pour des raisons d'installations, devra être fait sur une largeur de 4 à 5 m.

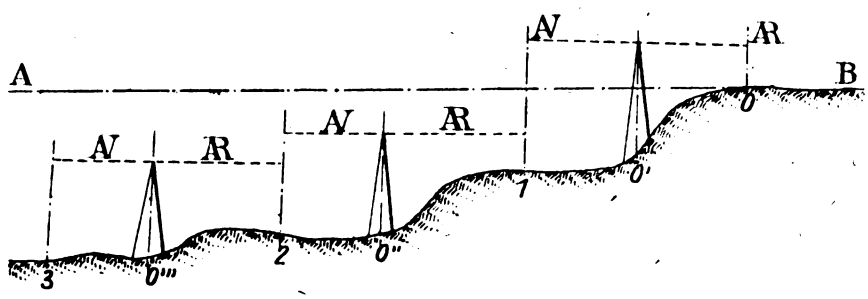


Fig. 6. — Nivellement du terrain.

Le niveau Lenoir est généralement employé pour le nivellement ; on le met en station autant que possible tous les 20 m en terrain varié et tous les 40 m en terrain peu accidenté.

Pour obtenir un nivellement parfait, il est indispensable que l'aide préposé à tenir la mire soit muni d'un niveau à bulle d'air ou d'un fil à plomb pour s'assurer que la mire est bien verticale.

Pour éviter toute erreur dans l'inscription des coups AV et AR, on trace au fur et à mesure le profil du terrain nivelé avec les cotes relevées (fig. 6). Pour le profil en long voir tableau.

Pour le profil en travers, il est seulement nécessaire de viser à droite et à gauche, mais toujours en arrière, les coups avant pour le profil en long servant à déterminer la différence de niveau dans le profil en long et le profil en travers ; en résumé on fera donc une visée en avant et trois visées en arrière à chaque station.

Les cotes relevées peuvent aussi s'inscrire dans un tableau dont les colonnes sont préparées à l'avance (tableau 1).

Tableau I.

Numéros des piquets	Stations	Profil en long AR	Profil en long AV	Différence de niveau	Niveau par rapport à AB	Profil en travers arrière droite	Profil en travers arrière gauche
		1,605				2,000	2,100
1	0'			— 2,325	— 2,325		
			3,930				
		1,730				2,100	2,500
2	0''			— 1,055	— 3,380		
			2,785				
		0,540				1,000	1,200
3	0'''			— 2,535	— 5,915		
			3,075				

Digitized by Google

Si nous prenons les cotes indiquées dans ce tableau, nous aurons, en considérant l'instrument placé au point O' entre les piquets o et 1 pour le niveau des piquets 1, 2, 3.

3,930 m — 1,605 m = — 2,325 m piquet 1
2,784 m — 1,730 m = — 1,055 m piquet 2
3,075 m — 0,540 m = — 2,535 m piquet 3.

Les chiffres ainsi obtenus sont les différences de niveau entre les points visés.

On remarque que lorsque la visée arrière donne un chiffre moins élevé que la visée avant, ce dernier point est plus bas que le précédent, on peut donc énoncer la règle suivante :

Dans un nivellement composé, la différence de niveau des points extrêmes est égale à la différence existant entre la somme des coups arrière et la somme des coups avant.

Si la somme des coups avant est plus forte, le point d'arrivée est plus bas que le point de départ. Dans le cas contraire, le point d'arrivée est plus élevé que le point de départ.

Lorsque l'on a relevé le niveau de toute la ligne en procédant de la façon indiquée ci-dessus, il reste à tracer sur le papier le profil en long sur lequel on indiquera les pylônes et les stations.

II. Établissement de pylônes. — 1. Détermination de la hauteur. — Nous allons voir maintenant comment on peut déterminer la hauteur des pylônes d'une installation de ce genre.

La hauteur des stations de départ et d'arrivée des wagonnets étant déterminée par les conditions d'installation, c'est-à-dire par la hauteur des bennes, hauteur qui dépend du tonnage et par conséquent de la capacité de ces dernières, mais aussi de la hauteur à laquelle on doit amener la matière transportée, on commencera donc par la détermination de cette hauteur.

Nous supposerons que ces stations ont respectivement une hauteur de 8 m et 12 m du niveau de la fondation au niveau supérieur du rail de roulement des wagonnets.

Soit AB la ligne de base et soit $h = 50$ m la différence de niveau entre les bases des deux stations (fig. 7).

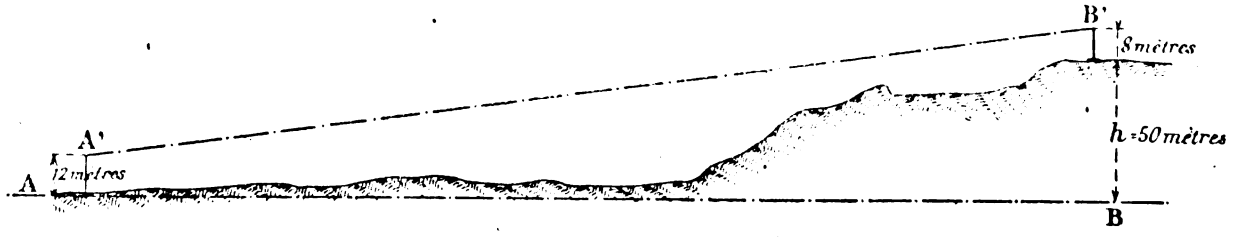


Fig. 7. — Profil en long de la ligne.

Le poids d'un wagonnet plein est supposé de 1 400 kg et celui d'un wagonnet vide de 400 kg.

Si nous supposons que le diamètre du câble de la voie des wagonnets vides est de 25 mm, il faut tout d'abord déterminer la flèche que prendra ce câble sous l'influence de la charge, car cette flèche étant moins grande que celle de la voie des wagonnets pleins donne la hauteur maximum des pylônes. Le poids par mètre courant du câble de la voie des wagonnets vides étant plus faible que celui de la voie des wagonnets pleins, la flèche prise par ce dernier sera, en effet, plus grande que pour le premier. Il en résulte donc que la hauteur maximum sera donnée par les pylônes supportant le câble de la voie des wagonnets vides qui se trouve le plus éloigné du sol.

La longueur totale de la ligne déterminée par la triangulation étant égale à 500 m, nous calculerons la flèche du câble comme si ce dernier était fixé à la station supérieure et soumis à l'action du contrepoids à la station inférieure.

Après avoir déterminé, comme nous le verrons plus loin, la valeur du contrepoids, ce dernier sera augmenté de 1/5 pour obtenir une sécurité de pose du câble sur les coussinets des pylônes.

2. Calcul de la flèche des cables. — Si nous supposons un contrepoids de 17,5 t, la flèche au milieu de la portée sera

$$f = g \frac{L^2}{8H},$$

où g est le poids du mètre courant de câble en kilogrammes ; L, la portée horizontale du câble en mètres ; H, le poids du contrepoids tendeur en tonnes.

Nous aurons donc $f = \frac{3{,}13 \times \overline{500}^2}{8 \times 17} = 5{,}589$ m.

Cette flèche étant déterminée, on obtiendra la courbe générale de la ligne en traçant la parabole par la méthode des tangentes.

3. Écartement des pylônes. — Les pylônes supportant le câble pourront ainsi être déterminés, quant à leur hauteur, en calculant cette dernière après avoir fixé l'écartement entre eux.

En terrain peu accidenté, on adopte généralement 70 m ; lorsqu'il existe le long de la ligne des obstacles qui empêchent l'adoption de cette distance, on fait

Digitized by Google

varier cette dernière sans toutefois l'exagérer sans raison.

Lorsque l'on doit traverser une vallée, il est parfois impossible, vu la grande hauteur, de placer dans le fond un pylône intermédiaire; dans ce cas il y a lieu d'adopter la portée déterminée par la distance des deux versants.

Il existe des installations où la portée atteint 500 à 600 m, et la plus considérable que l'on ait adoptée jusqu'à ce jour atteint 1 100 m.

Toutefois c'est là une limite que l'on ne peut dépasser sans grands inconvénients et que l'on n'admet que lorsqu'il existe une profondeur permettant une flèche très grande des câbles.

Cette dernière, en effet, atteint, dans ces cas, une valeur très grande qui peut être égale à 80 m pour les câbles porteurs et 85 m pour le tracteur qui est moins tendu.

Dans des installations de ce genre, le câble tracteur doit toujours se trouver en dessous du câble porteur, c'est-à-dire que le chariot doit être construit avec pince automatique inférieure.

Cette condition est importante pour éviter, lors de l'action du vent sur le tracteur, que ce dernier soit reporté sur le porteur, ce qui a pour effet de jeter la perturbation dans la marche de l'installation et même d'amener la chute des wagonnets.

Lorsque l'on a deux vallées successives à traverser, pour éviter que les câbles porteurs soient courbés outre mesure, il faut avoir soin de placer une série de pylônes assez rapprochés les uns des autres afin que l'inclinaison du câble sur ses coussinets ne dépasse pas 3 pour 100.

Si l'on considère, en effet, un câble fortement courbé, on remarque que, dans son mouvement de va-et-vient, mouvement produit par la variation de la charge au point d'appui, ce câble subit une flexion alternative qui produit la rupture rapide, cette flexion étant ajoutée au frottement des coussinets.

4. Usure des cables. — Pour éviter une usure trop rapide des câbles porteurs, il convient de donner aux coussinets une longueur convenable de telle façon que l'extrémité ne vienne jamais frotter sur le câble lorsque celui-ci atteint sa flèche maximum.

Pour obtenir une variation peu sensible de la tension dans les câbles porteurs et éviter ainsi l'usure rapide, il est indispensable que les wagonnets soient distants les uns des autres de façon que, lorsque ceux compris dans une travée sont en montée, ceux de la travée suivante soient en descente.

On peut donc, d'après ce qui vient d'être dit, résumer les causes principales d'usure des câbles porteurs et qui sont :

1° Variation de la tension due à une mauvaise disposition des wagonnets sur le câble;

2° Courbe trop faible du câble sur ses appuis;

3° Insuffisance du graissage des coussinets;

4° Gorge du coussinet trop faible.

L'usure des câbles porteurs est un facteur important dans une installation, car il peut en résulter, outre les dépenses nécessitées par le remplacement des câbles, des accidents très graves.

Il est donc indispensable que la ligne soit vérifiée d'une façon soigneuse, lors de la mise en route, et que la visite des câbles soit faite de temps à autre quand elle assure le service.

Il n'est pas rare en effet de voir dans certaines installations à débit intense, un fil des câbles porteurs se rompre et en se déroulant venir s'accumuler en un point de la ligne créant ainsi un obstacle au passage des wagonnets qui sont projetés dans le vide.

Dans l'établissement d'un transport aérien, il faut tenir compte de tous ces détails de construction si l'on veut obtenir une bonne marche de l'installation et un rendement normal dans la manutention.

5. Charge sur les pylônes. — Nous allons examiner maintenant quelle est la charge maximum sur les pylônes pour une installation dont la distance des wagonnets sur la ligne est déterminée.

La charge maximum sur un pylône est atteinte lorsqu'un des wagonnets de la ligne se trouve sur le coussinet d'appui. Supposons en effet les conditions suivantes pour une travée dont la portée permet le plus grand nombre de wagonnets entre deux pylônes :

Soient donc :

L la portée entre ces deux pylônes;

Q le poids du mètre de câble porteur;

q le poids du mètre de câble tracteur;

P le poids d'un wagonnet plein;

P' le poids d'un wagonnet vide;

l la distance entre deux wagonnets.

La disposition de ces données est représentée par la figure 8.

Si nous appelons X la charge maximum sur le coussinet, on aura pour le côté des wagonnets pleins et pour le pylône A considéré

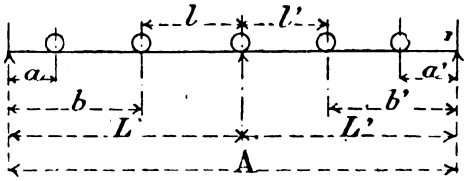


Fig. 8. — Disposition des charges sur le câble.

$$X = \frac{P + Pb + Pa + Pb' + Pa'}{L} + QL + qL.$$

Pour le côté des wagonnets vides, on aura la même égalité mais en remplaçant, dans la formule, la charge P du poids des wagonnets pleins par la charge P' qui est le poids d'un wagonnet vide.

Il y a lieu d'ajouter à la valeur de X ainsi obtenue la tension résultante des deux brins du câble tracteur qui

Digitized by Google

agissent sur le wagonnet placé au-dessus du coussinet d'appui.

A ces efforts verticaux, il faut également ajouter ceux produits par le vent agissant sur le câble porteur ainsi que sur les chariots et les wagonnets.

Outre ces efforts, le pylône est soumis à la torsion produite par le frottement dû au mouvement longitudinal du câble sur les coussinets lors de la variation de la flèche.

L'effort de torsion est déterminé par la différence des deux efforts de la voie des pleins et de la voie des vides.

Pour déterminer la force totale agissant sur les pylônes, nous avons à rechercher l'effort vertical dû à la charge roulante et au poids propre des câbles, cet effort comme nous l'avons vu est égal à X.

Ensuite, nous déterminerons l'effort horizontal dû à la pression du vent; si nous appelons

p_1 la pression du vent en kg par m carré de surface;
S la surface d'un wagonnet en mètres carrés;
s la surface des câbles porteurs;
s_1 la surface du câble tracteur;
L la portée entre deux pylônes;
n le nombre des wagonnets intéressant le pylône considéré;

et si nous appelons X_1 l'effort total dû à toutes ces

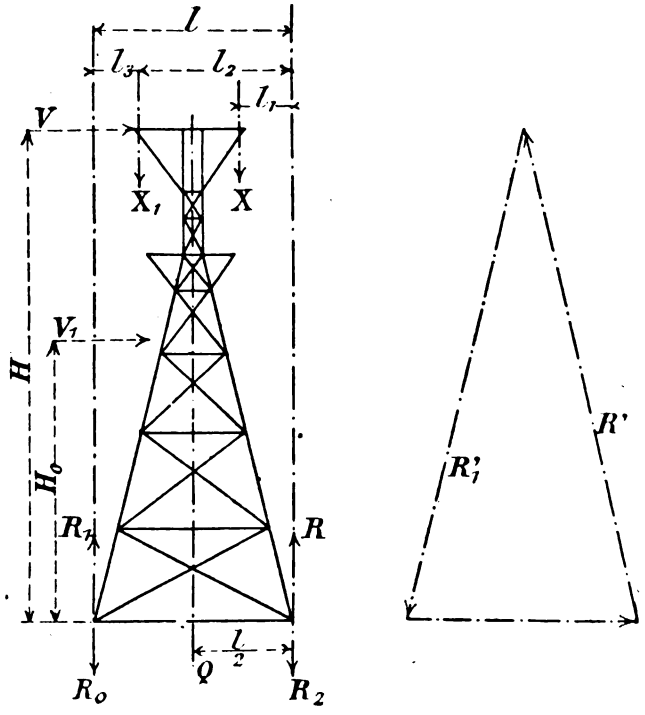


Fig. 9.

charges agissant horizontalement, nous aurons (fig. 9)

$$X_1 = p_1 \times S \times n + p_1 \times s + s_1 \times L.$$

6. Influence du vent. — La pression du vent est généralement prise égale à 130 kg : m² sur la surface exposée : toutefois, il y a lieu de considérer la hauteur à laquelle se trouvent les wagonnets, ainsi que les contrées dans lesquelles l'installation sera faite.

Dans certaines régions montagneuses par exemple, la pression du vent est souvent prise égale à 150 kg : m².

En résumé, un pylône doit résister à des efforts verticaux dont la somme est X, à des efforts horizontaux dont le maximum est X_1 et auquel il faut ajouter la pression du vent sur sa surface propre, enfin à un effort de torsion appliqué en tête.

La valeur de ce dernier varie avec le coefficient de frottement des surfaces en contact. Si les coussinets ne sont pas graissés d'une façon suffisante, on peut admettre un coefficient $u = 0{,}1$. Dans certains cas, ce coefficient atteint une valeur plus grande, comme, par exemple, dans les pays à température très basse ou au démarrage; le coefficient u peut atteindre la valeur de 0,2 à 0,3.

7. Pylônes simples. — Voyons maintenant quelle est la forme à donner aux pylônes.

Il existe deux sortes de pylônes généralement employées; l'une d'elles est adoptée pour la partie de la ligne où il n'existe pas de crête à traverser et est représentée par la figure 10.

Ce pylône est constitué par quatre montants en cornières reliés par des diagonales et inclinés de 1/10 sur la verticale jusqu'à la traverse horizontale qui supporte les rouleaux et les guides du câble tracteur; à partir de ce point, les montants sont verticaux et parallèles, pour permettre le passage des bennes; la partie supérieure,

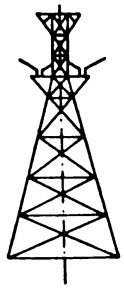


Fig. 10.

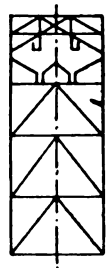


Fig. 11.

où se trouvent fixés les coussinets des câbles porteurs est évasée de façon que les câbles soient suffisamment écartés pour éviter le choc des bennes entre elles lorsqu'elles sont balancées par l'action horizontale du vent.

Ce type de pylône possède à la partie supérieure un axe placé entre deux fers à U et qui est destiné à recevoir une poulie mouflée au moyen de laquelle on effectue la pose du câble porteur sur les coussinets.

8. Pylônes composés. — Le second type de pylône représenté par la figure 11 est employé surtout lorsque la ligne subit un changement brusque de direction en hauteur.

Digitized by Google

On place en effet une série de panneaux comme celui indiqué par la figure, ces panneaux sont reliés entre eux par une série de contreventements.

A la partie supérieure est fixé un rail sur lequel roulent les wagonnets; dans ce cas le câble porteur est dévié pour permettre son déplacement longitudinal sur des coussinets mobiles.

Dans certains cas même, les câbles porteurs sont fixés aux pylônes qui constituent une station intermédiaire élastique.

Les coussinets des câbles porteurs pour le cas des pylônes normaux sont placés à la partie supérieure; à cet effet un axe à section carrée, dont l'une des extrémités est tournée pour recevoir le coussinet qui oscille, est fixée au moyen de boulons entre deux fers à U.

Pour éviter le déplacement du coussinet sur l'axe, c'est-à-dire pour empêcher son déplacement latéral, il est prévu, à l'extrémité de la partie cylindrique de l'axe, une gorge excentrée dans laquelle vient s'engager l'arrêt intérieur de l'alésage du coussinet qui doit être introduit sur l'axe, la gorge en bas, lorsqu'on l'a introduit à fond, pour assurer sa position ; il suffit de relever en tournant d'une demi-circonférence comme le montre la figure 11.

Avant de terminer le paragraphe relatif aux pylônes, il nous reste à examiner la question des fondations et l'équilibre des pylônes sur ces dernières.

9. Construction des fondations. — Dans la construction des fondations, on fait généralement usage du béton au ciment Portland ou au ciment de laitier; ce dernier, toutefois, ne doit être utilisé que lorsqu'il s'agit de fondations de peu d'importance, car sa résistance, contrairement au premier, diminue avec l'âge; de plus, dans certaines conditions atmosphériques, il dégage des sels qui sont nuisibles à sa résistance et produisent un effritement de la masse.

Le meilleur béton est toujours celui composé avec du ciment fin, qui se mélange et s'agglutine mieux et par conséquent qui a une adhérence très grande au gravier avec lequel il est mélangé.

La composition du ciment ou béton de laitier est généralement la suivante : gravier : 800 l, sable 400 l, ciment 300 kg.

Certains constructeurs admettent une composition où la quantité de ciment n'est que de 250 kg; d'autres au contraire font varier les quantités de gravier et de sable en adoptant pour le premier 400 l et pour le second 800 l.

La proportion d'eau mélangée à ces diverses matières pour le malaxage est généralement de 8,2 pour 100 du poids total des matières sèches; dans la pratique on juge que la quantité d'eau est suffisante, lorsque les gouttelettes apparaissent à la surface du mélange.

La densité du béton au ciment Portland est environ de 2 400 kg : m³, à l'âge de trois mois, époque à laquelle on peut considérer la prise comme absolue.

La rupture du béton se produisant sous une charge de 16 kg : cm² pour la traction et sous une charge de 160 kg : cm² pour la compression, il est donc nécessaire d'établir les fondations pour que le taux de travail ne dépasse pas une certaine fraction de ces valeurs.

On admet généralement comme charge de sécurité un taux de travail de 4,48 kg : cm² pour la traction et 44,8 kg : cm², par centimètre carré de section du massif, pour la compression.

10. Ancrage des pylônes. — Pour fixer les pylônes sur leurs fondations on fait usage de boulons reliés à des ancrages logés dans la masse de béton; ces ancrages, autant que possible, doivent être préservés de la rouille, sans toutefois empêcher la prise du ciment par une quantité trop forte de matière grasse.

La préservation de la rouille a une importance capitale car cette dernière ayant un volume trois fois plus grand que celui de l'acier non rouillé, les fondations résistent difficilement à cette augmentation de volume et s'effritent au bout de très peu de temps.

Le placement des ancrages se fait toujours après que l'on a bétonné le fond de l'emplacement.

Ce fond étant bien sec permet le traçage de l'emplacement exact des boulons d'ancrage ; pour éviter de noyer ces derniers dans le béton, ce qui aurait pour effet d'empêcher le réglage parfait lors de la pose définitive des pylônes, on place ces boulons dans des tubes en grès d'un diamètre de 60 à 80 mm de façon à pouvoir faire varier la distance d'axe lors du réglage.

Ces tubes en grès sont abandonnés dans la fondation et les boulons restent libres à l'intérieur ; toutefois, les ancrages, qui sont constitués par des fers à U espacés entre eux pour permettre le passage de la tige des boulons, possèdent, à leur partie inférieure qui repose sur le fond de la fondation, deux plats assurant l'immobilité des boulons lors du serrage des écrous à la partie supérieure.

Lors de la construction des fondations, si l'on veut éviter toute surprise, il est prudent de faire un sondage pour s'assurer de la nature du terrain, car il n'est pas rare, surtout dans les régions industrielles, de ne rencontrer le bon sol qu'à une profondeur assez grande, ce qui oblige de construire des massifs spéciaux.

11. Radiers pour fondations. — Dans ces cas particuliers on a presque toujours recours aux radiers en béton armé qui ont pour effet de répartir la pression sur une très grande surface.

Ces radiers ont généralement une épaisseur de 8 à 40 cm selon la nature du terrain ; la pression admise sur ceux-ci est d'environ 1 kg : cm².

En ce qui concerne le terrain sur lequel repose le radier, la pression pour les remblais ne doit jamais dépasser 0,65 kg : cm² la pression normale étant 0,3 kg : cm².

Sur argile molle on prend 0,5 kg : cm² et lorsqu'il s'agit d'argile sablonneuse on admet 2 à 3 kg: cm² enfin, si l'on a affaire à de l'argile plastique on peut admettre 3 à 6 kg : cm².

Si les fondations sont établies sur du rocher compact, on peut aller jusqu'à 20 et 30 kg : cm² de surface ; tou-

Digitized by Google

tefois, il est prudent de faire un forage par mines pour s'assurer qu'il n'existe pas de cavités dans la roche; dans ce cas, il y a lieu de ne pas dépasser une pression de 6 à 10 kg : cm² de surface.

12. Equilibre des pylônes. — Nous allons déterminer l'équilibre du pylône soumis à l'action des charges qui agissent à la partie supérieure.

Nous supposerons le cas le plus défavorable, c'est-à-dire celui où il n'y a qu'un wagonnet plein sur le coussinet du pylône ; comme nous l'avons vu précédemment, nous aurons d'un côté la charge X et de l'autre la charge X_1 correspondant respectivement au poids d'un wagonnet plein et d'un wagonnet vide sur les coussinets, plus la réaction donnée par les wagonnets espacés sur le câble considéré entre deux pylônes.

Dans la valeur de X est également compris le poids du câble porteur et le poids du câble tracteur mesuré entre les deux pylônes déterminant la travée ; nous aurons ainsi comme réactions verticales aux points d'appui les valeurs suivantes (fig. 12) :

$$R_1 = \frac{Xl_1 + X_1 l_2 + Q\frac{l}{2}}{l},$$

$$R = X + X_1 + Q - R_1.$$

Dans ces égalités Q représente le poids propre du pylône.

Le moment de renversement du pylône sous l'action du vent, dont nous avons précédemment déterminé l'effort et qui agit horizontalement, déterminera la tension maximum exercée sur les boulons d'ancrage.

Si nous désignons ces tensions par R_0 et R_2 nous aurons, en appelant V la pression du vent qui agit sur les wagonnets, les câbles porteurs et le câble tracteur, et V_1 la pression agissant sur le pylône proprement dit

$$V \times H + V_1 \times H_0 - \left(X_1 \times l_3 + Q \times \frac{l}{2} + X \times l_1\right) = R_0.$$

Pour l'autre face nous aurons, en supposant que le vent agit en sens inverse, c'est-à-dire qu'il vient frapper la face opposée.

$$V \times H + V_1 \times H_0 - \left(X \times l_1 + Q \times \frac{l}{2} + X_1 \times l_2\right) = R_2.$$

Après avoir déterminé ainsi les réactions verticales R_0 et R_2, pour construire le crémona ou diagramme donnant les efforts respectifs dans chacune des barres du pylône on cherchera les réactions suivant un triangle, dont la base est égale à celle du pylône et dont les deux côtés se réunissent au point supérieur. Les réactions ainsi calculées et qui sont

$$R_1 \times \cos \alpha = R_1,$$

$$R \times \cos \alpha = R',$$

serviront à tracer le diagramme donnant les efforts dans les barres pour les charges verticales.

Quant aux efforts dus à la pression du vent qui agit suivant l'horizontale, la force V est appliquée à la partie supérieure et la force V_1 sera répartie à chacun des nœuds du système.

Pour ce calcul, le pylône est donc supposé encastré à sa base par les boulons d'ancrage.

Afin d'avoir un maximum de sécurité, dans le calcul concernant les efforts verticaux il y a lieu de supposer que les coussinets sont chargés d'un wagonnet plein et d'un wagonnet vide en même temps.

S'il s'agit de calculer un pylône supportant un filet de protection, il faut tenir compte du poids de ce dernier ainsi que de la résultante due à la tension des câbles d'ancrage.

Il y a lieu également de tenir compte de l'effort du vent sur le filet et les câbles d'ancrage ainsi que du poids de la neige qui, dans certaines régions, est parfois important.

Toutefois, si l'on suppose un effort de 150 kg : m² pour la force du vent, il n'y a plus lieu de tenir compte du poids de la neige qui, soumise à ce vent, ne se maintient plus sur les parties métalliques.

Dans une prochaine étude nous examinerons la question des filets de protection ainsi que celle des wagonnets et des chariots dont il existe une assez grande variété de types.

13. Guidage des wagonnets. — Pour terminer l'étude des pylônes, il nous reste quelques mots à dire sur la forme et le poids de ces derniers. A la partie supérieure et à la hauteur du bord de la benne, les pylônes doivent être munis d'un guide à bords recourbés ; ces derniers sont ainsi prévus afin d'éviter le choc des wagonnets sur les pylônes.

Dans des installations de ce genre, comme il est impossible d'avoir un mouvement absolument rectiligne des wagonnets, ces derniers, pour diverses causes, subissent parfois un balancement qui peut être dû soit à un choc dans la ligne, soit à une pression du vent agissant par saccades.

Ces différents efforts agissant sur la surface de la benne, ont pour effet d'incliner cette dernière qui peut venir buter sur le pylône ; cette inclinaison atteignant parfois 15°, si l'on ne place pas à la partie supérieure du pylône un guide cintré, la benne est arrêtée dans son mouvement et peut parfois, par la violence du choc, être projetée dans le vide.

Les extrémités du guide devront être reliées aux montants des pylônes, car dans bien des cas où l'on ne prend pas cette précaution les guides se déforment et au lieu d'être une sécurité pour la bonne marche de l'installation ils deviennent un réel danger.

14. Divers types de pylônes. — Les pylônes ainsi construits sont généralement employés dans les installations dont le tonnage du wagonnet ne dépasse pas 1 000 kg.

Digitized by Google

Le poids de ces pylônes varie entre 170 et 200 kg : m de hauteur; quant au poids des pylônes supportant les filets de protection, il peut atteindre 220 kg : m de hauteur suivant que l'ancrage des câbles du filet est plus ou moins éloigné de la base d'appui.

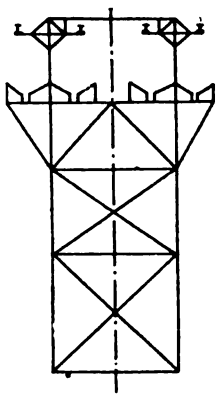


Fig. 12.

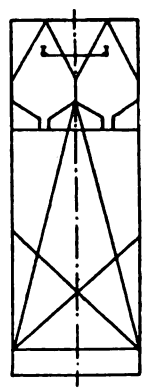


Fig. 13.

Lorsque le tonnage horaire imposé est très important, on fait parfois usage de pylônes doubles, c'est-à-dire que sur chacun de ceux-ci se trouvent quatre câbles porteurs formant deux lignes distinctes; ces pylônes sont beaucoup plus importants que ceux à simple voie, mais leur établissement est fait de la même façon que ceux que nous avons décrits précédemment.

Dans des installations provisoires, on fait aussi usage de pylônes en bois; ceux-ci sont construits de forme absolument différente des pylônes métalliques, et l'ancrage dans les fondations est obtenu en faisant pénétrer dans le béton les montants verticaux qui sont entretoisés à la base par des barres horizontales.

La profondeur d'ancrage varie entre 30 et 50 cm selon la traction exercée par l'effort du vent qui tend à produire le renversement.

Ces différents types de pylônes sont représentés par les figures 12 et 13.

(*A suivre.*)

F. Séba.

Revues, analyses et informations

L'exploitation des lignites en France.

La Chambre syndicale de la Tourbe et du Lignite, dont nous avons annoncé la création dans le numéro du 22 décembre, p. 964, vient de publier sur ce sujet la note suivante :

L'exploitation des mines de lignites, qui sont assez nombreuses en France, avait été fort négligée avant 1914, et la période de guerre n'a pas facilité la mise en valeur de ces mines.

On se trouve en effet actuellement en présence de multiples difficultés qui sont : manque de main-d'œuvre, impossibilité des transports de la mine aux chemins de fer, manque de wagons, absence ou prix excessif du matériel d'exploitation.

Et cependant plus de trente gisements de lignite ont été reconnus en France, dont quelques-uns d'un tonnage apparent fort important. Les mines de lignite existent principalement dans le sud de la France; les principaux gisements sont en effet dans les départements de : Charente, Landes, Hautes-Pyrénées, Aveyron, Pyrénées-Orientales, Hérault, Ardèche, Gard, Vaucluse, Var, Bouches-du-Rhône, Alpes-Maritimes, Isère, Ain, Haute-Savoie et Yonne.

La production du lignite était fort peu importante en France avant la guerre, tandis qu'elle était considérable en Allemagne, On avait, en effet :

	Lignite. millions de tonnes	Houille. millions de tonnes
Allemagne, en 1908.....	67,6	147,6
France, en 1908.....	0,750	35,6
Italie, en 1905.....	0,413	

L'Allemagne, grosse productrice de charbon, consommait 1 860 kg de houille plus 1 000 kg de lignite par tête d'habitant.

La guerre a considérablement développé les besoins et par suite, la production, puisqu'on constate, pour le lignite, les productions suivantes :

Allemagne, en 1915.....	88,5	millions de tonnes.
Italie, en 1915.....	0,955	Id.
Italie, en 1916.....	1,376	Id.

Le lignite se rencontre en France sous tous ses aspects différents, il est compact, bitumeux ou voisin du charbon dans le département du Rhône, il est noir et friable dans le bassin de la Garonne, et ligneux ou xyloïde dans l'Yonne. Son utilisation est plus ou moins facile, suivant la distance du gisement aux chemins de fer et suivant les qualités de la matière.

Le lignite peut s'utiliser sous la forme du tout-venant, trié ou non, sous forme de briquettes : il peut enfin être distillé ou être employé près de la mine à la production de force motrice.

L'Italie a développé beaucoup l'utilisation de ses lignites, parce qu'elle manque de charbon et parce que son climat est favorable au séchage facile de la matière. Le lignite y est utilisé pour une très grosse partie en tout-venant, mélangé ou non à du charbon.

En Allemagne, l'industrie des lignites, très développée depuis de nombreuses années, a amené la réalisation de tous les procédés d'utilisation.

En général, dans une même mine on rencontre sur la mine une usine de force motrice, une usine de distillation et une usine d'agglomération qui consomme environ 25 pour 100 de la production pour la fabrication de briquettes destinées aux usages domestiques.

Agglomération. — L'agglomération du lignite est assez difficile à réaliser, elle nécessite un lavage préalable et une forte compression si on ne veut pas employer les agglomérants usuels que la guerre a rendus rares et coûteux.

Digitized by Google

Les lignites, principalement lorsqu'ils appartiennent à l'espèce terreuse et ligneuse, contiennent jusqu'à 45 pour 100 d'eau ; ils perdent lentement cette eau à l'air et tombent à 25 pour 100 d'humidité environ. Il faut avoir recours aux séchoirs à vapeur ou à gaz chauds pour les ramener à 8 ou 10 pour 100 d'humidité, taux nécessaire au briquetage.

Les séchoirs sont malheureusement introuvables actuellement et leur prix n'est pas compatible avec la faible valeur du combustible ; il conviendrait que les constructeurs français fassent un sérieux effort s'ils veulent remplacer pour la fourniture de ce matériel les constructeurs allemands.

Le lignite séché peut, en général, être aggloméré sans addition d'agglomérant : il exige en ce cas une pression très énergique, variant entre 800 et 1 200 kg : cm² ; ces procédés sont employés en Allemagne et en Italie. En Amérique, on préfère pousser jusqu'à la semi-distillation du lignite avec récupération des sous-produits, et le résidu est alors facilement transformé en boulets ovoïdes.

Force motrice. — La production de la force motrice peut être réalisée au moyen de gazogènes alimentant les moteurs à gaz, soit au moyen de chaudières chauffées au gaz.

L'emploi de moteurs à gaz semble devoir être très délicat avec le lignite, combustible riche en matières volatiles, car le gaz devra être purifié avec un grand soin. Au contraire, l'emploi de gazogènes ou d'avant-foyers pour le chauffage de chaudières par le gaz semble devoir être très avantageux.

Le lignite séché à l'air et mélangé avec du charbon brûle d'ailleurs très bien sur les grilles soufflées ordinaires des stations centrales, un mélange de 60 pour 100 de charbon et de 40 pour 100 de lignite donne de bons résultats même avec le lignite brun ou xyloïde.

Il serait très utile de connaître les noms des constructeurs qui fabriquent soit des gazogènes pour lignite, soit des chaudières à grilles spéciales marchant au lignite et de grouper les références d'exploitation à ce sujet.

Distillation. — La distillation du lignite est largement pratiquée en Allemagne. Elle se fait en général dans des fours cylindriques verticaux de 8 à 10 m de hauteur renfermant à l'intérieur des cônes distributeurs en fonte et chauffés sur leur périphérie par les sous-produits de la distillation.

Le résultat de la distillation dépend de la qualité du lignite. On peut toutefois admettre que 100 kg de lignite fournissent 40 kg de coke et 12 kg de goudron.

Les goudrons distillés fournissent au-dessus de 200° des huiles légères, vers 270° l'huile solaire, vers 450° l'huile de paraffine et la paraffine.

Utilisation. — On constate que le lignite qui se rencontre dans quinze départements pourrait trouver en France, ainsi que cela existe en Allemagne, de nombreuses applications. En réalité, les lignites compacts ou bitumeux des Bouches-du-Rhône semblent seuls avoir été exploités sur une échelle assez vaste, puisque sur 750 000 t de production annuelle, plus de 650 000 proviennent de cette région. Cela tient à ce que ces lignites se vendent et s'emploient facilement sans préparation, comme du charbon maigre.

Il faut bien dire que la haute utilisation des lignites en Allemagne n'a pas été obtenue sans avoir largement recours à la discipline et à l'esprit autoritaire traditionnels en ce pays.

Dès 1796, les règlements locaux obligeaient la population à employer le lignite ; on donnait des primes et des exemptions d'impôts pour favoriser son emploi ; aussi n'est-il pas étonnant qu'après plus d'un siècle, la consommation dépasse 1 000 kg par habitant.

D'ailleurs, toutes les mines se sont syndiquées ; le Syndicat patronal fait une publicité bien comprise sur l'absence de scories du lignite, l'absence de fumées ; il conseille la clientèle sur les meilleurs modes d'emploi, il a créé des poêles domestiques spéciaux pour la briquette, il a aménagé des transports fluviaux économiques et des magasins de dépôt dans les ports fluviaux.

Il est certain que la briquette de lignite, qui se consume lentement, sans scorie et sans fumée, est un combustible domestique très précieux, hygiénique et propre, d'un prix peu élevé.

Le prix du lignite à la mine variait avant la guerre, en Allemagne, entre 7 et 9 fr : t. Le prix des briquettes était de 15 à 25 fr d'après les renseignements que nous possédons. En France, le prix du lignite semblait être voisin de 10 fr pour un prix comparable de charbon de 16 fr environ.

La taxation actuelle a fixé à 20 fr le prix du lignite tout-venant et à 24 fr le prix du lignite gros ou criblé.

Ces prix semblent bas, si l'on tient compte des difficultés actuelles de main-d'œuvre et autres, surtout pour les mines qui n'exploitent pas en carrière et qui doivent avoir recours au boisage ou à l'exhaure. Il semble impossible aux petites exploitations de pouvoir actuellement être mises en valeur avec ces limitations.

Conclusions. — En résumé, nous concluons que les gisements de lignites, assez nombreux en France, facilement exploitables, peuvent être d'un grand secours en présence de la pénurie de charbon, pour les usages domestiques spécialement, et pour l'alimentation régionale.

Il conviendrait toutefois d'aider ces exploitations, qui sont en général de moyennes affaires, en accordant les facilités suivantes :

1° Relever la taxe lorsque le prix d'exploitation sera manifestement majoré par les circonstances de guerre ;

2° Reconnaître les mines de lignite au même titre que les mines de houille et leur accorder la main-d'œuvre des gisements ;

3° Accorder les autorisations nécessaires pour permettre aux exploitations de se procurer les matériaux indispensables tels que : bois, essence ou coke pour transports, machines pour séchage ou briquettes.

En ce qui concerne les exploitants, ils auront intérêt à organiser leur groupement afin d'établir :

1° Une statistique à ce jour de leur production et de leurs efforts précisant les services déjà rendus à la population durant la guerre ;

2° Une documentation sur les meilleures formes d'utilisation et de vente et sur les procédés de traitement du combustible ;

3° Une unification des appareils de séchage, briquetage, combustion, un marché pour la fourniture de ces appareils, en créant au besoin un comptoir d'achat capable de stimuler les constructeurs, qui sont actuellement peu disposés à entreprendre la construction d'un matériel nouveau ;

4° Au besoin, une publicité sur les meilleures méthodes d'emploi du lignite par la clientèle.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

La loi de finances du 31 décembre 1917 et ses innovations fiscales

En ouvrant le « Journal officiel » du 1er janvier 1918, les Français se sont trouvés, pour leurs étrennes, en présence d'une loi nouvelle qui contient des dispositions absolument inattendues, et qui, au contraire, a étonné beaucoup de personnes, en ne donnant pas celles que la presse depuis longtemps avait annoncées. Les industriels ont à connaître plusieurs de ces dispositions nouvelles : sans doute, il en est que nous n'effleurerons même pas : par exemple, celles qui ont trait à l'ordre successoral; elles trouveraient aussi bien leur place, en effet, dans un journal notarial, qu'elles seraient inutiles dans un journal d'électricité. Mais la modification à la loi sur les bénéfices de guerre, les nouveaux impôts sur les quittances, les achats, les lettres de change s'impose à l'attention de tout directeur d'usine, et, a fortiori, de tout administrateur délégué.

I. — La gestation de la loi de finances de cette année a été particulièrement laborieuse. Dans une forte brochure reliée en bleu, d'aspect solennel, portant le numéro 3941 des documents de la Chambre des députés, M. Klotz, ministre des Finances, annonçait vers la fin d'octobre 1917 qu'il comptait constituer pour l'année 1918 un budget consacré aux services civils ne comprenant que les dépenses ordinaires de ces services et établi pour une année complète, afin d'acheminer le Parlement et la Nation tout entière à la reprise d'un plan financier normal; il renvoyait donc à un budget provisoire de trois mois en trois mois, toutes les dépenses militaires qui peuvent varier en dehors de toute prévision, et toutes les dépenses civiles exceptionnelles qui dérivent, elles aussi, de la guerre; disons de suite, au sujet de ce budget provisoire, qu'il n'a donné lieu à aucune difficulté; il est inscrit dans la loi du 30 décembre 1917 et figure à l' « Officiel » du 31 décembre (1).

Il n'en a pas été de même du projet ordinaire de budget des services civils, tout d'abord, son auteur, dans le courant de décembre, s'aperçut que le temps manquerait sûrement au Parlement pour étudier une œuvre aussi longue, et, à la date du 11 décembre 1917, il déposait à la Chambre des députés (n° 4040) un projet réduit n'envisageant que les crédits nécessaires pour les trois premiers mois, calculés en prenant le quart des dotations proposées dans le projet de budget ordinaire; le ministre exprimait l'espoir que la Commission du budget incorporerait dans ce projet, réduit et provisoire, toutes les dispositions fiscales nouvelles afin d'éviter les retards qui compromettraient l'équilibre du budget ordinaire de l'exercice 1918.

(1) Si l'on nous demandait à quoi correspondent les dépenses extraordinaires des services civils, nécessités par la guerre, nous citerions à titre d'exemple : pour le département des Finances, le service de la Trésorerie et des Postes aux armées, pour le département des Affaires étrangères, les allocations aux fonctionnaires détachés en pays neutre; pour celui de l'Intérieur, la subvention aux départements encore envahis, etc.

La Commission du budget, d'accord avec la Commission de législation fiscale, entendit l'appel du ministre; et ce dernier pouvait, le 24 décembre 1917, au Sénat, dans un rapport qu'il a présenté oralement et qui figure au « Journal officiel » du 25 décembre, constater que les articles 2, 3, 4 et de 7 à 38 de son projet avaient été repris par la Chambre et que le projet présenté au Sénat contenait : les dispositions relatives à la contribution extraordinaire de guerre (rapport Vincent Auriol, n° 4053), aux mutations à titre gratuit (rapports de M. Landrey, nos 4025 et 4073), aux fraudes fiscales (rapport de M. Ernest Lafont, n° 4054) et aux taxes sur les paiements (rapport de M. Joseph Denais, n° 4061). Un seul chapitre de son premier projet avait donc été réservé : celui relatif à l'augmentation du droit d'apport dans les sociétés par actions.

Le Sénat a eu à faire, dans le travail de la Chambre des députés, une œuvre de sélection; à plusieurs reprises, il s'est trouvé en opposition d'idées avec la Chambre, et l'on comprend les doléances de nombreux parlementaires sur la méthode qui a été imposée au Parlement pour discuter des textes dont l'impression ne leur parvenait qu'après leur vote et qu'ils ne connaissaient pas avant d'entrer en discussion. Il y eut, dans chaque assemblée, deux séances par jour, et c'est de ces perpétuels va-et-vient entre la Chambre et le Sénat qu'est née la loi du 31 décembre 1917 (*Journal officiel* du 1er janvier 1918) dont nous allons donner le commentaire.

II. — La première disposition de la loi que nous voulions étudier est celle des modifications de la loi sur la contribution des bénéfices de guerre; elles ont porté sur trois points: *Les tarifs, le calcul du bénéfice normal et le caractère suspensif du pourvoi.*

Les tarifs. — On sait que la loi du 1er juillet 1916 avait adopté un tarif unique : celui de 50 pour 100; il n'avait pas duré longtemps puisque la loi du 30 décembre 1916 avait substitué à ce tarif unique deux tarifs :

Digitized by Google

l'un de 50 pour 100 pour tout bénéfice inférieur au capital de 500000 fr et l'autre de 60 pour 100 pour la partie du bénéfice excédant 50 pour 100. La loi reprend la méthode suivie le 30 décembre et l'accentue encore; le tarif devient le suivant :

50 % sur la fraction des bénéfices imposables inférieure à		100 000 fr.
60 % sur la fraction des bénéfices comprise entre	100 000 et	250 000 fr.
70 % sur la fraction des bénéfices comprise entre	250 000 et	500 000 fr.
80 % sur la fraction des bénéfices supérieure à		500 000 fr.

Comme les idées se précisent plus facilement, en matière de tarif, par des calculs que par des chiffres, nous prendrons l'exemple d'une société ayant atteint, comme bénéfice supplémentaire de guerre, la somme d'un million; nous arriverons au paiement suivant :

1re fraction 100 000 fr à 50 %,	somme à payer :	50 000 fr.
2e fraction 150 000 fr à 60 %,	Id.	90 000 fr.
3e fraction 250 000 fr à 70 %,	Id.	175 000 fr.
4e fraction 500 000 fr à 80 %,	Id	400 000 fr.
		715 000 fr.

Avec les tarifs en vigueur, d'après les lois combinées du 1er juillet 1916 et du 30 décembre 1916, la même société aurait payé :

50 % jusqu'à 500 000 fr soit	250 000 fr.
60 % de 500 000 à 1 000 000 soit	300 000 fr.
	550 000 fr.

Il est bien entendu que la nouvelle loi, parue dans le « Journal officiel » du 1er janvier 1918 n'a pas d'effet rétroactif et ne frappe que les bénéfices obtenus à partir du 1er janvier 1917, c'est-à-dire ceux qui vont être soumis à la déclaration pendant les trois premiers mois de l'année 1918, en conformité de l'article 4 de la loi du 1er juillet 1917.

A cette modification de tarifs, la loi admet trois tempéraments : les deux premiers sont inscrits dans l'article 4 et le troisième dans l'article 5.

a) Les entreprises créées à partir du 1er janvier 1916, c'est-à-dire relativement récentes, sont exemptes pour l'avenir, pendant les deux premiers exercices, de la modification de l'impôt ; elles n'auront donc à connaître que l'augmentation de 50 pour 100 et de 60 pour 100.

b) Les contribuables domiciliés actuellement en pays envahis n'ayant pas exploité une entreprise quelconque avant le 1er janvier 1916. Bien des industriels du Nord ayant fui à temps l'invasion des hordes allemandes ont pu, grâce à leur habileté professionnelle, reconstituer des usines et faire bénéficier l'État de leur habitude du travail et de l'organisation industrielle; on leur fait la faveur de l'exemption du tarif pour les deux premiers exercices. Cette faveur est personnelle puisqu'elle est soumise à la condition que le contribuable n'ait pas eu, avant le 1er janvier 1916, une autre entreprise.

c) Les sociétés ou entreprises à participations ouvrières créées conformément au titre VI de la loi du 24 juillet 1867 complétée par la loi du 26 avril 1917, pourvu que le nombre de leurs actions de travail soit égal au moins au quart du nombre de leurs actions de capital.

Le calcul du bénéfice normal. — On sait que la loi du 1er juillet 1916 permet à tout déclarant de ne pas donner l'état de son bénéfice normal qu'il doit soustraire du bénéfice réalisé pour obtenir son bénéfice imposable ; il peut apprécier forfaitairement ce bénéfice normal, soit par 30 fois sa patente, soit par le 6 pour 100 des capitaux engagés par lui et rémunérés par ses entreprises ; à plusieurs reprises, des industriels se sont plaints de ce que le chiffre de 6 pour 100 leur paraissait trop réduit; et cela est parfaitement vrai; beaucoup d'industries ont été très vivement touchées par des pertes avant la guerre; telles que la métallurgie et l'industrie cotonnière; or, il est interdit d'amortir ces pertes sur des bénéfices faits pendant la période d'association avec l'Etat; de sorte que ces industries se trouvaient obligées d'avoir recours au forfait légal qui était loin de constituer pour elles un régime de faveur : cela a entraîné une amélioration pour tous ceux qui ont recours au forfait puisqu'ils en voient augmenter le taux; de sorte qu'il faudra lire « 8 pour 100 » au lieu de 6 pour 100 partout où ce dernier taux était écrit dans la loi du 1er juillet 1916; savoir : dans le paragraphe troisième de l'article 2 (détermination du bénéfice normal forfaitaire); dans le cinquième paragraphe de l'article 3 (déduction des capitaux employés dans les entreprises sinistrées ou situées en pays envahi); dans l'article cinquième (rédaction de la déclaration des contribuables); dans l'article neuvième (taxation d'office).

Suppression du caractère suspensif du pourvoi. — La loi du 1er juillet 1916 a établi, dans son article onzième, une procédure d'appel à l'encontre des décisions des Commissions du premier degré fonctionnant dans chaque département. Dans le silence de la loi, se rapportant aux principes généraux d'après lesquels tout appel est suspensif, les Commissions du premier degré avaient admis que l'administration devait s'abstenir de toute confection de rôle quand le contribuable avait saisi la Commission supérieure ; dorénavant il n'en sera plus ainsi : les rôles seront établis immédiatement après la décision du premier degré et mis en recouvrement (1).

Et le pourvoi suivra sa marche avec la lenteur caractéristique de toute procédure en France ; quand il y recevra la solution attendue, le rôle sera soumis à dégrèvement, c'est-à-dire que l'argent devra être rendu, ou au moins déduit des sommes plus fortes si le contribuable était d'un autre côté débiteur. Cela nous paraît résulter des termes de l'article 7 de la loi que nous étu-

(1) Par ces mots « mis immédiatement en recouvrement » il ne faudrait pas entendre que la contribution deviendra immédiatement exigible pour la totalité. Il faut entendre que le rôle sera créé et par conséquent fera titre, sans que l'administration soit obligée d'attendre l'issue du pourvoi ; mais rien n'est modifié dans les périodes d'exigibilité qui sont déterminées par l'article 16 de la loi du 1er juillet 1916, sur lequel nous reviendrons plus loin et qui n'a pas été modifié.

Digitized by Google

dions ; il y est dit : « Les contribuables conserveront néanmoins le droit de se pourvoir dans les conditions, formes et délais prévus par la loi susvisée du 1er juillet 1916; les bases de cotisation ainsi contestées n'auront un caractère définitif qu'après que la Commission supérieure aura statué et seront rectifiées, selon le cas, conformément aux décisions intervenues, soit par voie de dégrèvement, soit par voie d'imposition supplémentaire. »

Telles sont les dispositions de la loi en ce qui concerne les bénéfices de guerre ; la plus grave est évidemment la suppression du caractère suspensif du pourvoi et cela frappe tous ceux qui savent avec quelle... rapidité certaines Commissions inscrivent un chiffre sur leur avis de décision ; ce chiffre va devenir celui du paiement obligatoire, sauf évidemment réclamation et satisfaction tardive.

Mais nos lecteurs nous sauront gré sans nous arrêter seulement à ce qui est écrit dans le texte qu'ils peuvent lire à l' « Officiel » (1), de leur résumer rapidement tout ce qui a été dit au Parlement dans les discussions interminables et quelquefois passionnées qui ont eu lieu autour de la loi sur les bénéfices de guerre ; ce n'est pas la première fois qu'une loi sera considérée comme au moins aussi intéressante par ce qu'elle contient que par ce qu'elle ne contient pas.

Dès que le ministre des Finances eut présenté son projet provisoire à la Chambre des députés, en priant les Commissions d'y introduire les nouvelles dispositions fiscales qu'elles croiraient devoir ajouter, les Commissions rédigèrent tout un article exclusivement consacré à la taxe dite des bénéfices de guerre, et cet article avait un effet nettement rétroactif, puisqu'il commençait ainsi : « Les règles édictées par les articles 3, 5, 10 et 15 de la loi du 1er juillet 1916 pour le calcul de la contribution sur les bénéfices exceptionnels ou supplémentaires réalisés pendant la guerre, *doivent être entendues ainsi qu'il suit pour toutes les périodes d'application de la loi depuis le 1er août 1914* (2).

Nous verrons ci-dessous sur quels points les interprétations de la loi nouvelle devaient porter ; constatons actuellement que cet article avait au moins le mérite de la clarté ; il signifiait en substance : « Nous avons fait une loi qui ne nous satisfait pas ; elle ne nous a pas donné ce que nous en espérions ; peut-être même la situation des parties intéressées est-elle déjà jugée d'après des interprétations qui ne sont pas les nôtres. Nous arrivons à temps pour faire refaire ce qui a été accompli, et alors même que les Commissions n'auraient pas compris la loi de 1916 comme nous voulons qu'elle soit comprise, le nouveau texte soulignera bien qu'il faudra reprendre le travail depuis le 1er août 1914. »

Il ne nous reste plus maintenant qu'à indiquer les points sur lesquels il était ainsi tout spécialement légiféré.

(1) Voir le *Journal officiel* du 21 décembre 1917, Chambre des députés, p. 3398, col. 2.

(2) Voir au surplus le rapport du député Vincent Auriol, 11 décembre 1917 (n° 4053.)

D'abord, les amortissements : l'article proposé en donnait une définition : « Les sommes réservées aux amortissements sont les sommes correspondant réellement à la diminution de valeur ou à l'usure qui s'est produite durant la période sur laquelle porte le calcul de l'impôt ».

Ensuite, *la question des réserves considérées comme faisant partie du capital engagé* « ne sont pas considérées comme capital engagé pour le calcul forfaitaire du bénéfice normal, les réserves créées pendant la guerre sur la part du bénéfice restant après le calcul, et qui ne seraient pas employées effectivement au fonctionnement ou au développement de l'entreprise, alors que cette entreprise fonctionne dans les mêmes limites qu'avant la constitution de ces réserves ».

Enfin *le capital constitué, sans versements réels :* « N'est pas considéré comme capital engagé pour le calcul de l'impôt le montant d'actions ou d'obligations attribuées sans souscriptions, versements, ou prêts réels. »

Dans la discussion, chacun de ces points devait être pris successivement pour être mis en vedette ; mais il n'y a guère que le premier qui ait été étudié par le rapporteur, car une diversion violente créée par M. Brizon au sujet des bénéfices de guerre de la Banque de France (*Journal officiel* du 21 décembre 1917, p. 3403) a détourné la Chambre de la question.

Mais ce qui a été dit sur la question des amortissements mérite d'être retenu : « Ce qui fait que la loi n'a pas abouti à un résultat plus tangible au point de vue financier, a dit le rapporteur (séance du 20 décembre, p. 3400, col. 2), c'est que l'on pourrait citer un très grand nombre de sociétés profitant de bénéfices de guerre très importants, pour amortir en un ou deux ans un matériel normal. Alors qu'en temps de paix, elles attribuaient 1, 2 ou 5 pour 100 à leurs amortissements, elles ont procédé à un amortissement en un ou deux ans, y compris les terrains et les constructions. C'est évidemment une façon de dissimuler les bénéfices. »

Et le rapporteur explique ce que doit être l'amortissement. « Nous voici en présence de deux hypothèses ; dans le premier cas il s'agit des amortissements ordinaires, des constructions du temps de paix, du matériel du temps de paix. Là, amortissement normal, *non pas comme on l'a fait jusqu'à présent proportionnellement aux bénéfices*, ce qui est une façon de tout amortir rapidement ; *nous voulons qu'on amortisse en proportion de l'usure véritable.* Il y a ensuite les amortissements exceptionnels qui correspondent à la prolongation de la durée du travail ou à des installations exceptionnelles, c'est prévu par la loi (1).

(1) Pour plus de clarté, dans cet article qui, nous le reconnaissons, est évidemment un peu compliqué, nous nous interdisons de critiquer les propos que nous nous bornons à mettre sous les yeux du lecteur : mais il nous est impossible cependant de ne pas faire remarquer combien est fausse et contraire à l'esprit de la loi l'interprétation qui vient d'être donnée par le député Auriol sur la théorie de l'amortissement restreint seulement à l'usure de l'immeuble ou du matériel. Il avait été formellement expliqué, au Sénat principalement au moment de la rédaction de la loi

Digitized by Google

On peut résumer tout ceci en disant que, pour le député rapporteur, l'amortissement normal sera restreint à l'usure supportée par les immeubles et le matériel ; et que l'amortissement anormal comprendra : l'usure exagérée par la guerre, comme aussi le prix exagéré du matériel en raison de la guerre. Sur ce dernier point, notamment, il ne saurait y avoir de doute puisque le député Auriol répondait à une observation du député Lefas (p. 3400, col. 2) lui demandant comment on passerait en écriture le matériel acheté dans les circonstances actuelles, c'est-à-dire à un prix de revient qui, s'il est en rapport avec les événements, n'a rien de comparable à la valeur intrinsèque des choses.

Si l'on veut connaître les sentiments complets du député rapporteur sur les deux autres points énumérés ci-dessus (*réserves considérées comme capital engagé et capital constitué sans versements réels*), il faut se référer à son rapport. « On sait, est-il dit en substance, que les industriels ont le droit de prendre comme bénéfice normal le 6 pour 100 du capital engagé pendant la période d'imposition. Or, ils ont profité de leurs bénéfices pendant la guerre pour constituer des réserves extrêmement importantes : ils espéraient probablement que l'administration consentirait à ne pas faire porter l'impôt sur lesdits bénéfices et de ce côté il faut reconnaître que leurs calculs ont été purement et simplement déjoués ; mais l'administration a commis une erreur en permettant le calcul du bénéfice normal en comprenant lesdites réserves dans le capital versé, si bien que le bénéfice sert par voie indirecte à augmenter le chiffre, non pas seulement de la période d'imposition, mais encore de la période antérieure ; il faut donc empêcher une pareille pratique. »

Pour qu'une semblable remarque, déjà si grave par elle-même, ne soit pas encore exagérée par des personnes qui ne la comprendraient pas, nous ne saurions trop faire remarquer que le rapporteur ne dit pas — car ce serait une absurdité — que l'on ne doit pas prendre dans le chiffre du capital engagé le montant des réserves anciennes, mais il dit qu'il ne faut pas y ajouter le montant des réserves faites pendant la période d'imposition.

Enfin le rapporteur s'insurge contre le procédé qui consiste aujourd'hui à distribuer gratuitement des actions nouvelles pour diminuer les réserves, mais augmenter le capital. « Par de pareils procédés, alors que réellement le capital ne change pas, que la société fonctionne dans les limites de son fonds primitif, on voit grossir le capital nominal, par un simple déplacement d'écritures, sans versement nouveaux. Mais le bénéfice normal sera calculé forfaitairement sur un capital augmenté. Le procédé est simple ; jamais la loi ne le permit. C'est pourquoi nous vous proposons de mettre fin à ces pratiques en spécifiant que jamais la pensée du législateur ne fut telle et en donnant au capital engagé la seule interprétation conforme à l'esprit et au texte de la loi. »

Maintenant que nous avons bien précisé quel sens le rapporteur et la Chambre voulaient donner à l'article d'interprétation qui a été voté par elle, dans la séance du 20 décembre 1917, il est temps de nous demander ce qu'il en est advenu.

Il a d'abord reçu du Sénat le plus mauvais accueil que l'on puisse rêver, non pas tant au point de vue des idées émises qu'au point de vue des principes généraux. Si l'on se reporte à la séance qui a eu lieu au palais du Luxembourg le 29 décembre, on voit que le principe nouveau que l'on proposait d'adopter a été très vivement critiqué : « le gouvernement, dit M. Touron (2e séance du 29 décembre 1917, p. 1195, col. 1), veut renforcer une loi rétroactive à l'égard d'espèces qui sont pendantes devant les tribunaux ; cela s'appelle la confusion des pouvoirs et pas autre chose ; et M. Boivin-Chambeaux (même référence) a dit : « Vous entendez bien qu'il n'est pas besoin du Sénat pour interpréter la loi de 1916. Nous avons créé des juridictions, et des juridictions de premier ordre, puisqu'il y a une Commission supérieure des bénéfices de guerre, et même le Conseil d'État. Si on nous demande d'interpréter c'est tout simplement pour donner une solution rétroactive aux dispositions que nous avons insérées dans la loi. » Et, plus loin, un sénateur fait observer que s'il plaît au Parlement de donner aujourd'hui la définition de l'amortissement, demain il sera conduit à définir les réserves et, au fur et à mesure des besoins, toujours avec effet rétroactif, on lui demandera de refaire la loi espèce par espèce, ce qui n'est pas le rôle du législateur et constitue un précédent extrêmement dangereux.

Sur de pareilles observations précises et claires jusqu'à l'évidence même, il est certain que l'article voté par la Chambre des députés ne pouvait pas être accepté.

Ce fut l'honorable ministre des Finances, M. Klotz, qui fut chargé d'apprendre à la Chambre des députés, à la séance du 31 décembre (voir *Journal officiel* du 1er janvier 1918, p. 3720, col. 3), ce résultat plutôt négatif, et comme il voulait panser la blessure d'amour-propre en même temps qu'il la faisait, il tint à la Chambre le propos suivant : « Si le Sénat n'a pas suivi vos indications, ce n'est certes pas qu'elles soient mauvaises ; pour moi je les trouve excellentes, et M. Milliès-Lacroix a dit lui-même au Sénat : « Les interprétations formulées par la Chambre des députés sont parfaitement conformes à l'esprit de la loi dont il s'agit et, à cet égard, votre Commission des Finances ne peut qu'y donner son approbation. Mais elle considère que le Parlement n'a pas à interpréter la loi, c'est le rôle des tribunaux ». Et enfin, pour montrer qu'au point de vue pratique, les finances du Trésor n'auraient rien à perdre, le ministre a indiqué que, si jusqu'à présent les Commissions du premier degré n'avaient pas su donner une interprétation suffisamment étroite à la question des amortissements et des réserves, l'article 15 de la loi sur

sur les bénéfices de guerre que la limite des amortissements pendant la période d'imposition serait donnée par les usages de chaque industrie : puisque le bénéfice de guerre est une différence entre le bénéfice normal et le bénéfice obtenu, il serait absurde de ne pas tenir compte dans l'amortissement des usages qui ont présidé à l'établissement des amortissements antérieurs.

Digitized by Google

les bénéfices de guerre ouvrait la porte à toutes les modifications : l'article 15 de la loi du 1er juillet 1916, a-t-il rappelé, porte que « toute omission relevée par l'administration des contributions directes pourra être réparée jusqu'à l'expiration de l'année qui suivra celle des hostilités ». Il suffit de dire que le mot « omission » employé par la loi est synonyme « d'insuffisance » et on pourra ainsi faire toutes les rectifications utiles.

Cette parole de M. le ministre des Finances a-t-elle reçu un commencement d'exécution ? Personnellement, il ne m'est pas permis d'en douter, puisque une Société puissante m'apportait, quelques jours après, une lettre qu'elle venait de recevoir toute gracieuse en la forme, mais assez bizarre dans le fond, émanant de l'administration elle-même et commençant par ces mots : « La déclaration des bénéfices de guerre du 1er août 1914 au 31 décembre 1915 a été examinée à une époque où la doctrine *n'était pas encore bien fixée sur la question des amortissements...* ; les pièces de votre dossier ne permettent pas à la Commission d'apprécier cette partie de votre déclaration. Je vous serais obligé en conséquence de vouloir bien faire dresser des états conformes au modèle ci-joint des années d'imposition : amortissement du matériel 10 pour 100, des immeubles (5 pour 100) pendant tout le temps du bénéfice normal et... lorsque j'aurai reçu et utilisé les renseignements ci-dessus, j'aurai l'honneur de me présenter dans vos bureaux pour vous soumettre *des calculs tout différents de ceux établis précédemment.* » Si l'administration entend recommencer ainsi tout le travail accompli, il nous vient à l'esprit l'histoire d'une tapisserie célèbre faite par une héroïne qui est restée bien connue sous le nom de Pénélope.

III. — Terminons rapidement cette énumération des impôts nouveaux par la partie de la loi que l'on peut appeler : le chapitre de la taxe sur les paiements. Disons tout de suite que nous aurons peut-être l'occasion d'y revenir car le nouveau texte n'entrera en application qu'au 1er avril 1918.

La loi peut se résumer ainsi : elle prévoit tout d'abord un impôt de 0,20 fr par 100 fr sur toutes les constatations de paiement, données soit à des non-commerçants pour une cause quelconque, soit à des commerçants pour une cause autre que les besoins de leur commerce. Ainsi, par exemple, si je donne à mon fermier une quittance de son loyer s'élevant à 100 fr, je n'aurais plus à mettre le timbre de 0,10 fr sur la quittance, mais je devrais mettre un timbre de 0,20 fr ; sont exemptées les quittances inférieures à 10 fr (à la condition qu'elles ne soient pas la quittance d'un solde de sommes plus fortes), et les quittances délivrées par les banques ayant pour objet de constater les versements où les retraits effectués par les clients au crédit ou au débit de leur propre compte (articles de 19 à 22 inclus).

A côté de cet impôt dit des quittances, la loi crée l'impôt de 0,20 fr par 100 fr ou fraction de 100 fr sur tout paiement dépassant 150 fr. On ne saurait trop remarquer que cet impôt frappe le paiement de l'achat, et qu'il ne supprime pas du tout l'impôt sur la quittance ; il coexiste avec, si bien que si l'achat est suivi d'une quittance il y aura d'abord lieu de payer l'impôt dit des quittances prévu ci-dessus 0,20 fr pour 100, et la quittance sera obligatoire si le montant de cet achat dépasse 150 fr. Mais on objectera évidemment que le vendeur et l'acquéreur s'entendront pour ne pas se donner ni se demander de quittance, et que l'on supprimera ainsi faute de constatation matérielle l'impôt sur la quittance et l'impôt sur l'achat. En ce qui concerne le premier impôt cette remarque serait parfaitement juste : si je ne demande pas de quittance, je ne suis pas tenu de payer le timbre ; mais en ce qui concerne *l'impôt sur l'achat*, supérieur à 150 fr, la loi déclare que le commerçant est tenu de représenter tant au siège de son principal établissement, que dans ses agences ou succursales, aux agents de l'enregistrement et à tous autres agents spéciaux des Finances, un livre spécial dont la forme sera déterminée par un règlement d'administration publique et c'est au moyen de ce livre que la perception de la taxe sera constatée par le vendeur qui devra en faire le versement aux époques indiquées au percepteur. Ajoutons à cela deux autres impôts savoir : une taxe de 10 pour 100 sur le paiement des marchandises offertes au détail ou à la consommation sous quelque forme que ce soit, et qui seraient classées par un décret à intervenir dans les fournitures de luxe. Et enfin les dépenses afférentes au logement ou à la consommation sur place de boissons et denrées alimentaires quelconques d'une taxe de 10 pour 100 lorsqu'elles seront effectuées dans un établissement qui, en raison de la catégorie de sa clientèle, de son mode d'exploitation, de l'élévation de ses prix de base et de son importance sur la place, peut être considéré comme établissement de luxe.

Ces classifications seront faites par des Commissions qui auront la lourde charge de faire la répartition entre ce qui est du luxe et ce qui est au-dessous du luxe ; à ce titre la démarcation sera sûrement assez difficile pour que nous ayons à plaindre de toute notre âme ceux qui seront désignés pour la faire.

Paul Bougault,
Avocat à la Cour d'appel de Lyon.

Digitized by Google

Législation, jurisprudence, réglementation

Arrêté abrogeant, en ce qui concerne les charbons pour l'électricité, les dispositions de l'arrêté du 24 février 1915 relatif à des dérogations aux prohibitions de sortie.

Le « Journal officiel » du 18 décembre 1917 publie, p. 10368, l'arrêté suivant pris en date du 13 décembre 1917 par le ministre des Colonies.

Arrête :

Article unique. — Sont abrogées, en ce qui concerne les charbons pour l'électricité, les dispositions de l'arrêté du 24 février 1915 susvisé qui avaient permis l'exportation ou la réexportation, sans autorisation préalable, des envois ayant pour destination l'Angleterre, les Dominions, les pays de protectorat et colonies britanniques, la Belgique, le Japon, la Russie ou les Etats de l'Amérique.

Décret instituant une Commission chargée d'examiner les questions d'ordre général se rapportant à l'exploitation de la télégraphie sans fil et de préparer les dispositions législatives ou administratives propres à réaliser l'organisation rationnelle du service radiotélégraphique.

Le « Journal officiel » du 25 décembre 1917 publie, p. 10 602, un décret en date du 15 décembre 1917 qui crée une Commission chargée d'examiner les questions d'ordre général se rapportant à l'exploitation de la télégraphie sans fil et de préparer les dispositions législatives ou administratives propres à réaliser l'organisation rationnelle du service radiotélégraphique.

Cette Commission comprendra : trois membres du Sénat, six membres de la Chambre des députés, le secrétaire général des Postes et des Télégraphes, deux représentants du ministère de la Guerre, deux représentants du ministère de la Marine, deux représentants du ministère des Colonies, un représentant du sous-secrétariat d'Etat des transports maritimes et de la marine marchande, un représentant de l'industrie radiotélégraphique, un représentant de l'Association générale des Agents des Postes et des Télégraphes.

Cette Commission sera présidée par le ministre du Commerce de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes assistés de deux vice-présidents choisis parmi les membres du parlement; les deux secrétaires de la Commission seront le chef de bureau de la correspondance télégraphique internationale à l'Administration centrale des Postes et des Télégraphes et l'ingénieur chef de la télégraphie sans fil au ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes; enfin deux secrétaires adjoints seront pris parmi les fonctionnaires de l'Administration centrale des Postes et des Télégraphes.

Décret portant création, à l'Académie des Sciences d'une division ayant pour titre « Application de la Science à l'Industrie ».

Nos lecteurs savent que l'Académie des Sciences a décidé, dans sa séance du 14 janvier 1918, de créer, à côté de la division des académiciens libres, une division de six membres répondant au titre « Application de la Science à l'Industrie » et qui jouiront des mêmes prérogatives que les académiciens libres, sans qu'aucune condition de résidence leur soit imposée.

Le décret portant la création de cette division a été pris en date du 23 janvier 1918 par le ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts et a paru au « Journal officiel » du 26 janvier 1918 p. 956 ; voici le texte de ce décret :

Article premier. — Est créée, aux conditions indiquées dans la délibération susvisée du 14 janvier 1918, une division de six membres de l'Académie des Sciences répondant au titre suivant : « Application de la Science à l'Industrie ».

Art. 2. — Le ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts est chargé de l'exécution du présent décret.

Loi modifiant la loi du 17 juin 1913 sur le repos des femmes en couches.

Le « Journal officiel » du 5 décembre 1917 publie, p. 9814, la loi, dont le texte suit, qui a été promulguée le 2 décembre 1917 par le Président de la République.

Article premier. — L'article 3 de la loi du 17 juin 1917 est ainsi modifié :

« Toute femme de nationalité française et privée de ressources suffisantes a droit, pendant la période de repos qui précède et qui suit immédiatement ses couches, à une allocation journalière qui ne peut être cumulée avec aucun secours public de maternité institué en vertu de la loi du 24 juin 1904.

» Les ressources temporaires résultant de leur participation à des sociétés de prévoyance, et notamment aux mutualités maternelles, dont les femmes en couches pourront disposer pendant la période de repos, ne devront pas entrer en ligne de compte dans l'évaluation des ressources. »

Art. 2. — Le premier paragraphe de l'article 10 de la loi du 17 juin 1913 est ainsi modifié :

« Toute mutualité maternelle, toute société de secours mutuels, toute œuvre d'assistance, préalablement agréée à cet effet par décret rendu sur la proposition des ministres de l'Intérieur et des Finances, après avis de la section compétente du Conseil supérieur de l'Assistance publique, peut être chargée par le Conseil municipal, le bureau d'assistance consulté, d'assurer le fonctionnement de la présente loi dans la commune où elle a établi son siège social ou des sections. »

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'Etat.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 6. — 9 FÉVRIER 1918.

Chronique. — Nécrologie : Paul JÉGOU. — A propos de l'article : « Les méthodes de labourage par treuils ». — Société française de Physique. — Académie des Sciences, p. 201-202.

Section scientifique et technique. — Phénomène de surtension dans un circuit dépourvu de self-induction en courant continu, par H. CHAUMAT, p. 203. — Calcul de la force électromotrice efficace (non sinusoïdale) d'un alternateur, par H. PÉCHEUX, p. 204. — Revues, analyses et informations : Méthodes étalons d'essai des isolants moulés, p. 207 Production électrique de la pluie, p. 209; Théorème général pour le calcul des oscillations de transition dans un réseau, p. 210; L'influence du traitement thermique sur les propriétés électriques des aciers, particulièrement sur la résistivité et le potentiel thermo-électrique, p. 210.

Section industrielle. — Sur l'amélioration du facteur de puissance d'une grande installation de distribution d'énergie électrique, par H. SCOUMANNE, p. 211. — La purification électrique des gaz, par J. SAGET, p. 227. — Le téléphone aux Etats-Unis, p. 232. — Notes pratiques : Etayage de poteaux en espace limité, p. 238.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Etablissements Paz et Silva, p. 239; Oxydrique française, p. 239; Schneider et Cie, p. 239; Est-Lumière, p. 239; Usines métallurgiques de la Basse-Loire, p. 240. — Revues, analyses et informations : Les marques de fabrique en Suisse, p. 240.

Nécrologie : Paul Jégou. — C'est avec la plus douloureuse émotion que j'ai appris la mort de Paul Jégou. Mobilisé comme radiotélégraphiste au 8e génie, il fut ensuite envoyé en cette qualité à l'armée d'Orient; un violent accès de fièvre, contracté au service de la France, l'a terrassé en quelques heures, à l'hôpital de Florina, le 17 août 1917, à l'âge de trente-quatre ans.

PAUL JÉGOU

Dès sa jeunesse, il avait manifesté le goût le plus vif pour les sciences, et en 1900, alors qu'il était élève de rhétorique, il avait envoyé, de sa propre initiative, une note à M. Lippmann sur un « appareil pour localiser les dépêches dans la télégraphie sans fil ».

Cette note fut d'ailleurs insérée dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences (voir « L'Eclairage électrique », 29 décembre 1900, t. XXV, p. 516).

Une telle passion pour les applications de l'électricité devait le conduire tout naturellement à l'École de la rue de Staël; il y entra en 1905 après avoir terminé une année de service militaire (un frère, officier de carrière et mort également pour la France à Fleury, le dispensait les deux autres années).

A la sortie de l'École supérieure d'Électricité, il se consacra entièrement à des recherches relatives à la radiotélégraphie; un poste récepteur et émetteur fut installé par lui à Sablé (Sarthe) pour pouvoir poursuivre ses recherches en toute indépendance. Ce poste privé, objet d'améliorations incessantes, était au nombre de ceux choisis par le Comité scientifique français de télégraphie sans fil (présidé, comme on le sait, par M. A. Blondel) pour les expériences de propagation des ondes électromagnétiques ; il avait déjà permis de publier à cet égard des résultats intéressants (voir « La Lumière électrique », 1er août 1914, t. XXVI, 2e série, p. 153).

Les travaux de Paul Jégou portèrent principalement sur la réception, en première ligne sur le détecteur électrolytique (voir « La Lumière électrique » des 17 et 24 janvier 1914, t. XXV, 2e série,

Digitized by Google

p. 69 et 100); il fut conduit ainsi à son détecteur électrolytique sans force électromotrice auxiliaire.

Il préconisa, à maintes reprises, l'emploi d'un transformateur téléphonique pour accoupler inductivement le circuit détecteur et le téléphone; ce transformateur avait, notamment, pour but de faciliter l'établissement, à la réception, *d'une résonance électrique* pour fréquence des trains d'onde des postes à étincelle musicale. Il y a là une idée qui sera peut-être susceptible de développements pratiques importants.

Mais il m'est impossible d'analyser aujourd'hui tous ces travaux; bien connus des radiotélégraphistes, ils ont d'ailleurs été publiés ici même en majeure partie. Le reste se trouve dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences, dans les « Recueils de l'Association frnçaise pour l'avancement des sciences », etc., etc.

En 1912, alors qu'il était préparateur à l'École de Radiotélégraphie, Paul Jégou avait fait paraître en outre une brochure intitulée « Applications de la télégraphie sans fil », œuvre de vulgarisation très bien comprise.

A ceux qui l'ont connu comme moi, il laissera le souvenir d'une passion sans égale pour tout ce qui se rattachait à la télégraphie sans fil. — J. Bethenod.

A propos de l'article « les méthodes de labourage par treuils ». — A propos de cet article, publié dans la « Revue générale de l'Électricité » du 29 décembre 1918, t. II, p. 1 017-1 022, l'auteur nous adresse la lettre suivante :

Une erreur s'est glissée dans l'interprétation de la formule simplifiée :

$$(L_t - L_r)\ 0{,}20 - 800\ c \leqq 2\,250$$

où L_t et L_r désignent les valeurs de ligne haute tension par hectare dans les systèmes « à double treuil » et roundabout », erreur à la faveur de laquelle ma conclusion « si le système roundabout a un rendement mécanique inférieur, il ne s'ensuit pas qu'appliqué au labourage électrique il conduise à des prix de revient supérieurs », aurait pu paraître irrévocable et, quoi qu'il arrive, favorable au roundabout, tout au moins quant au point de vue prix de revient.

Je m'empresse de rectifier cette erreur qui m'a été signalée par M. Terzi de Gênes. Il est évident que l'avantage restera au roundabout si la différence : $(L_t - L_r)\ 0{,}20$ est inférieure à $2\,250 + 800\ c$, soit avec le prix c actuel du mètre de câble qui est voisin de 3,35 fr $L_t - L_r \leqq 24\,650$ f.

Le système roundabout n'exigeant qu'un seul point d'alimentation au lieu de deux, présente par cela même une plus grande souplesse puisqu'il donnera plus facilement la faculté de placer la cabine sous une ligne haute tension permanente déjà existante, il permettra dans 50 pour 100 des cas de supprimer au moins une dérivation haute tension toujours délicate sinon à construire du moins à exploiter; le rendement de son unique poste de transformation sera meilleur parce que l'utilisation plus complète, etc.

En revanche, comme me l'avait déjà fait remarquer M. Petit, le déroulage du câble beaucoup plus long ne sera pas sans présenter quelques difficultés.

Il n'en reste pas moins que le roundabout, en diminuant sensiblement la longueur des lignes provisoires à construire, en réduisant de moitié le matériel tracteur nécessaire et ses accessoires, mérite l'attention que j'ai tenu à attirer sur lui en vue d'essais pratiques comparatifs, et que ma conclusion n'est nullement infirmée. — Ach. D.

Société française de Physique. — A la séance du vendredi 1er février, M. J. Lemoine a présenté deux communications, l'une du Dr G.-H. Niewenglowski sur un « appareil permettant d'éviter tout calcul pour la localisation radioscopique d'un corps étranger dans l'organisme », l'autre de M. Nemirovsky sur un « compas localisateur pour la détermination exacte de la profondeur des projectiles et leur recherche opératoire ». Cette dernière communication était accompagnée de projections montrant le mode d'emploi de ce compas qui est une modification du compas de Hitz, dont une description détaillée a été donnée dans « La Revue électrique » du 4 décembre 1914, p. 402-405.

Une autre communication faite par M. H. Buisson, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, est relative au « minimum de puissance perceptible virtuellement ». Après avoir décrit le procédé photométrique employé par lui en vue de déterminer l'éclat très faible (10^{-6} bougie : cm²) d'écrans aux sulfures de zinc et de barium, M. Buisson indique les résultats auxquels ces mesures l'ont conduit pour le minimum de puissance perceptible. D'après ces résultats, une source lumineuse d'intensité 1 bougie devrait encore être visible à une distance moyenne de 27 km, alors que jusqu'ici on admettait 12 km. Cette divergence amène l'auteur à discuter les mesures qui ont conduit à cette dernière valeur et de cette discussion il conclut que le minimum de puissance perceptible par l'œil normal est de l'ordre de 10 à 15.10^{-10} erg : sec; il s'ensuit qu'une énergie de 1 erg serait capable d'impressionner l'œil pendant une durée de vingt-cinq ans et que l'énergie correspondant à une calorie pourrait maintenir cette impression lumineuse pendant 1 milliard d'années.

Académie des Sciences. — Séance du 28 janvier 1918. — Dans les comptes rendus de cette séance nous signalons, en particulier, à nos lecteurs le décret du 23 janvier 1918 créant une division de six membres de l'Académie des Sciences répondant au titre : « Application de la Science à l'Industrie. » (Nous donnerons dans la Section de législation le texte de ce décret) et deux communications, l'une de M. A. Blondel : « Sur la détermination expérimentale et les applications du vecteur représentant les effets directs d'armature et des fuites dans les alternateurs », l'autre de M. le comte de Sparre : « Sur le coup de bélier dans une conduite forcée à parois d'épaisseur variable dans le cas d'une fermeture progressive. » En outre, deux notes ont été présentées à la savante assemblée, la première de M. Ch. Dufour : « Valeur des éléments magnétiques à l'observatoire du Val-Joyeux au 1er janvier 1918; » la seconde, de M. Ph. Flajolet : « Perturbations de la déclinaison magnétique à Lyon (Saint-Genis-Laval) pendant le troisième trimestre 1917. »

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Phénomène de surtension dans un circuit dépourvu de self-induction en courant continu

Dans cette note, communiquée à l'Académie des Sciences dans sa séance du 14 janvier (1), *l'auteur montre que, pendant la période variable de l'établissement d'un courant continu dans un circuit sans self-induction, il peut se produire des phénomènes de surtension.*

En étudiant de près les causes d'erreurs et les corrections de la méthode de mesure des isolements dite *méthode d'accumulation*, nous avons été amené à la constatation d'un phénomène qui paraît paradoxal à première vue et qui, à notre connaissance, n'a pas encore été signalé. Ce phénomène consiste en une surtension, en courant continu, dans un circuit dépourvu de self-induction, ne contenant que des condensateurs et des résistances. Ce phénomène se produit pendant la période de fermeture du circuit, période pendant laquelle toutes les connexions restent sans changements.

Considérons le circuit de la figure 1. Un premier condensateur, de capacité C, est en série avec une résistance

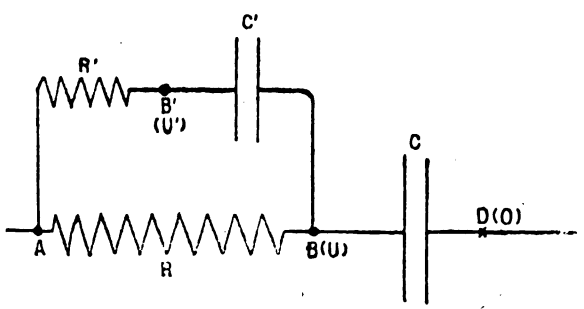


Fig. 1.

R. Aux extrémités A et B de la résistance R se trouve connecté un second circuit comprenant en série, comme l'indique le schéma, une nouvelle résistance R' et un condensateur de capacité C'. L'extrémité D du circuit est connectée au pôle négatif d'une pile de force électromotrice E et de résistance négligeable. Nous prendrons le potentiel du point D comme origine des potentiels.

A l'instant zéro, on relie le point A au pôle positif de la source. Soient, à l'instant t, U le potentiel du point B, U' le potentiel du point B'.

On établit facilement l'équation suivante qui définit U' en fonction du temps

$$(1)\qquad U' = E - \frac{R'}{R} M (1 + CR\rho_1) e^{\rho_1 t} - \frac{R'}{R} N (1 + CR\rho_2) e^{\rho_2 t},$$

dans laquelle M et N sont donnés par les formules

$$(2)\qquad M = E \frac{R + R' + CRR'\rho_2}{CRR'(\rho_1 - \rho_2)},$$

$$(3)\qquad N = - E \frac{R + R' + CRR'\rho_1}{CRR'(\rho_1 - \beta_2)},$$

ρ_1 et ρ_2 étant les deux racines de l'équation du second degré en ρ

$$(4)\qquad CC'RR'\rho^2 + (CR + C'R' + C'R)\rho + 1 = 0.$$

Les racines ρ_1 et ρ_2 sont réelles, inégales, toutes deux négatives ; ρ_2 est la plus grande en valeur absolue.

La discussion montre :

1° Que U' qui part de zéro, au temps zéro, atteint la valeur E au temps T défini par

$$T = \frac{1}{\rho_1 - \rho_2} \log_e \frac{\rho_2}{\rho_1},$$

puis dépasse cette valeur E, atteint un maximum au temps $2T$, double du précédent, puis décroît ensuite pour atteindre asymptotiquement E au bout d'un temps infini.

C'est ce résultat d'un maximum de U' supérieur à E, qui paraît paradoxal à première vue, le circuit, complètement dépourvu de self-induction et dont les connexions restent permanentes pendant toute la durée de la charge du condensateur C, ne présentant pas de phénomènes oscillatoires.

2° La différence de potentiels $(U' - U)$ qui définit la charge du condensateur C' passe par un maximum au temps T défini plus haut (quand U' devient égal à E).

Le maximum de $(U' - U)$ est donné par

$$(U' - U)_{\max} = - \frac{E}{C'R'\rho_2} \left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)^{\frac{\rho_1}{\rho_1 - \rho_2}}.$$

A partir de l'instant T, le condensateur C' commence à se décharger et la différence de potentiels $(U' - U)$ tend asymptotiquement vers zéro.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 21 janvier 1918, t. CLXVI, p. 113-115.

Digitized by Google

3° La valeur maximum de U', ou mieux l'écart relatif maximum entre U' et E est donné par

$$\frac{U'_m - E}{E} = \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)^{-\frac{\rho_1+\rho_2}{\rho_1-\rho_2}},$$

On voit que ce maximum ne dépend que du rapport des deux racines ρ_1 et ρ_2. Ce maximum tend lui-même vers un maximum quand le rapport des deux racines tend vers l'unité : on a alors la valeur remarquablement simple

$$\frac{U'_m - E}{E} = \frac{1}{e^2} = 0{,}1353.$$

Mais ce maximum maximorum ne peut jamais être atteint, les deux racines ρ_1 et ρ_2 étant toujours inégales.

Ces résultats sont accessibles à la mesure. Nous avons réalisé expérimentalement le cas suivant :

$C = 1$ microfarad, $C' = 0{,}01$ microfarad,
$R = 7$ mégohms, $R' = 500$ mégohms environ;

le maximum de U' vaut $1{,}1318\ E$ et se produit au bout de 11,75 sec.

L'électromètre très amorti dont nous nous sommes servi ne nous a pas permis de saisir le maximum, mais nous avons mesuré, au delà du maximum, un potentiel U' valant 99,5 v (pour $E = 95$ v).

Avec

$C = 1$ microfarad, $C' = 0{,}1$ microfarad,
$R = 7$ mégohms, $R' = 500$ mégohms environ,

le maximum de U' est moins important ($1{,}0724\ E$), mais il se produit au bout de 31,85 sec après la fermeture du circuit. Ce maximum a pu être saisi. On a lu pour U' 102,5 v, 34 sec après la fermeture du circuit, la source donnant 94 v.

H. CHAUMAT,
Sous-directeur de l'École supérieure de l'Électricité.

Calcul de la force électromotrice efficace (non sinusoïdale) d'un alternateur

On sait que le calcul de la force électromotrice efficace d'un alternateur industriel en fonction de la force électromotrice maximum est assez laborieux et nécessite le calcul des coefficients de la série de Fourier qui représente la force électromotrice instantanée de l'alternateur. L'auteur de l'étude ci-dessous donne un nouveau moyen permettant d'atteindre ce but tout en n'ayant recours qu'à des procédés mathématiques élémentaires.

La force électromotrice développée par un alternateur industriel — dans lequel le flux magnétique inducteur est inégalement réparti à travers le noyau de fer doux des bobines induites – n'est pas sinusoïdale; mais elle est *périodique*, parce que les variations de ce flux se reproduisent exactement, à périodes égales, à travers l'induit.

Toute fonction périodique — c'est le cas d'une force électromotrice alternative instantanée — peut, comme on sait, être développée par la *formule de Fourier* en une somme de fonctions sinusoïdales simples; et cette somme, à cause de la symétrie des deux demi-périodes, se réduit à

$$e = E_1 \sin \omega t + E_3 \sin 3\,\omega t + E_5 \sin 5\,\omega t + \ldots;$$

dans laquelle E_1, E_3, E_5, etc., sont les amplitudes des sinusoïdes successives, et où $\omega = \frac{2\pi}{T}$, T étant la durée de la période. La sinusoïde $E_1 \sin \omega t$ a même période que la fonction e elle-même (sinusoïde *fondamentale*); les autres sinusoïdes sont les *harmoniques* de la première.

On démontre, aisément, que la force électromotrice efficace E_e correspondant à la force électromotrice instantanée e, est donnée par

$$E_e^2 = \frac{1}{2}\Sigma\,(E_1^2);$$

et l'expression de E_e en fonction de la force électromotrice *maximum* E_0, est assez compliquée, et son calcul laborieux. Nous allons montrer comment ce calcul peut être effectué, en partant de la *forme de l'onde* de la force électromotrice en question, obtenue expérimentalement (à l'oscillographe), et par une méthode simple et rapide, — laquelle paraît présenter un intérêt évident, car elle n'exige que la connaissance des éléments les plus simples du calcul intégral et procède, en somme, de l'expérience.

L'établissement d'une telle formule de force électromotrice efficace comprend :

1° La détermination de la formule de la force électromotrice *efficace* E_e en fonction de la force électromotrice maximum E_0;

2° Celle de la formule de la force électromotrice *moyenne* E_m en fonction de la force électromotrice maximum;

3° L'expression de E_e en fonction de E_m.

Appliquons cette méthode à l'*onde trapézoïdale* fournie par un *induit lisse* d'alternateur (fig. 1), dans lequel on a, entre la longueur γ d'une bobine, la largeur β des pôles inducteurs, et la distance angulaire δ des axes de deux bobines consécutives d'électro-inducteur, (N, S) les relations

$$\gamma < \beta; \text{ et } \lambda < \delta - \beta.$$

Digitized by Google

Si nous suivons sur la figure 1, le mouvement relatif d'une bobine s d'induit, du plan neutre ZZ, jusqu'au plan NX passant par l'axe de la bobine d'électro N, nous voyons, d'après la déformation du flux (flèche φ) que, pendant un temps très court (a), la force électromotrice développée sera *nulle* (flux constant dans la

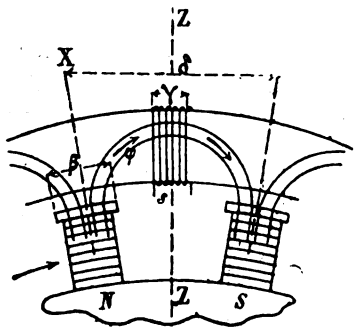


Fig. 1.

bobine) ; pendant le temps suivant (b), plus long, où le flux décroît, la force électromotrice va croître linéairement ; enfin, pendant un temps très court (c), elle demeurera *maximum* (en face du pôle N d'électro). L'onde de la figure 2 reproduit ces variations de la force électromotrice.

A l'instant t, la force électromotrice instantanée e sera représentée par l'ordonnée M m (région AB), et

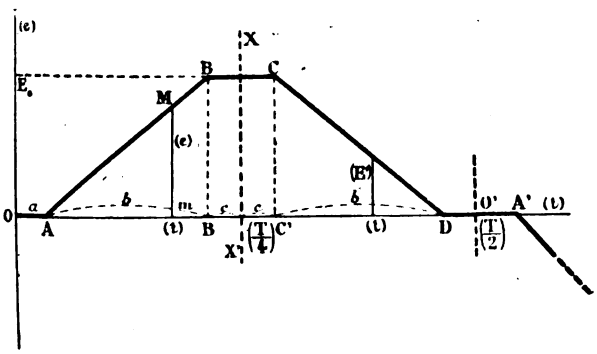


Fig. 2.

la figure donne aisément, dans les triangles semblables AM m, A B B'

$$\frac{e}{E_0} = \frac{t-a}{b} \text{ ; d'où } e = \frac{E_0}{b}(t-a);$$

Dans la région B C, elle vaut constamment E_0 (valeur maximum) ; dans la région C D, elle vaut, à l'instant t : e', que l'on exprimerait comme e ; mais ce calcul est inutile (voyez plus loin).

1° *Force électromotrice efficace en fonction de E_0 (maximum).* — Si E_e est la force électromotrice efficace dans la bobine, on aura (par définition) pour une demi-période

$$E_e^2 = \frac{1}{\frac{T}{2}}\left[\int_a^{a+b} e^2.dt + \int_{a+b}^{\frac{T}{2}-a-b} E_0^2.dt + \int_{\frac{T}{2}-a-b}^{\frac{T}{2}-a} e'^2.dt\right].$$

Nous avons, séparément,

$$\int_a^{a+b} e^2.dt = \frac{E_0^2}{b^2}\int_a^{a+b}(t-a)^2 dt = \frac{E_0^2}{3b^2}\left[(t-a)^3\right]_a^{a+b} = \frac{E_0^2}{3}b;$$

et

$$\int_{a+b}^{\frac{T}{2}-a-b} E_0^2.dt = E_0^2(t)\underset{a+b}{=}{}^{\frac{T}{2}-a-b} E_0^2\left(\frac{T}{2}-2a-2b\right) = E_0^2 \times 2c;$$

à cause de la symétrie des deux quarts d'onde par rapport à l'axe X'X (fig. 2) on aura

$$\int_{\left(\frac{T}{2}-a-b\right)}^{\frac{T}{2}-a} e'^2 dt = \int_a^{a+b} e^2.dt = \frac{E_0^2}{3}b;$$

d'où, en portant ces résultats dans l'expression de E_e^2, il viendra

$$E_e^2 = \frac{4E_0^2}{T}\left(\frac{b+3c}{3}\right);$$

d'où

$$(1) \qquad E_e = 2E_0\sqrt{\frac{b+3c}{3T}};$$

telle est l'expression de la force électromotrice efficace dans une bobine en fonction des éléments de l'onde et de E_0. Pour éliminer E_0 exprimons la force électromotrice moyenne pendant une demi-période.

2° *Force électromotrice moyenne (en fonction de E_0).* — Elle est donnée par l'expression

$$E_m = \frac{1}{\frac{T}{2}}\left[\int_a^{a+b} e\,dt + \int_{a+b}^{\left(\frac{T}{2}-a-b\right)} E_0 dt + \int_{\frac{T}{2}-a-b}^{\frac{T}{2}-a} e'dt\right].$$

Nous avons, séparément,

$$\int_a^{b+a} e\,dt = \frac{E_0}{2b}\left[(t-a)^2\right]_a^{a+b} = \frac{E_0}{2}b;$$

et

$$\int_{a+b}^{\frac{T}{2}-a-b} E_0 dt = E_0\left(\frac{T}{2}-2a-2b\right) = E_0 \times 2c;$$

Digitized by Google

enfin, la troisième intégrale est égale à la première; d'où, en additionnant

$$(2) \qquad E_m = \frac{2}{T}(E_0 b + 2E_0 c) = \frac{2E_0}{T}(b + 2c) :$$

valeur de la force électromotrice moyenne dans une bobine en fonction des éléments de l'onde, et de E_0.

3° *Force électromotrice efficace en fonction de la force électromotrice moyenne.* — En comparant les formules (1) et (2), il vient facilement

$$(3) \qquad E_e = E_m \times \frac{T}{b + 2c}\sqrt{\frac{b + 3c}{3T}}.$$

Il ne reste plus qu'à exprimer E_m en fonction des éléments de l'induit (nombre de spires dans une bobine; vitesse angulaire; flux utile; nombre des bobines). Si nous désignons par: N, le flux utile à travers une spire de bobine; $2P$, le nombre de spires dans tout l'induit; $2m$, le nombre de pôles inducteurs (N et S); n, la vitesse angulaire de l'inducteur (fig. 1) en tours par seconde; nous pouvons exprimer la force électromotrice moyenne, comme on sait, par le quotient de la *variation du flux* dans la bobine, dans une $\frac{1}{2}$ période : soit $2N \times \frac{P}{m}$ (il y a $\frac{2P}{2m} = \frac{P}{m}$ spires dans cette bobine), par le *temps* correspondant : $\frac{T}{2}$; ou

$$E_m = \frac{2N\frac{P}{m}}{\frac{T}{2}} = \frac{4NP}{mT}; \quad \text{mais on a : } mnT = 1;$$

d'où

$$E_m = 4nNP.$$

Remarque. — Cette expression de la force électromotrice moyenne est *indépendante*, on le voit, de la forme du flux magnétique; donc, de celle de l'onde; elle s'applique à tous les courants, sinusoïdaux ou non.

Portons, enfin, dans la formule de E_e ci-dessus (3), cette valeur de E_m; il viendra

$$E_e = 4nNP \times \frac{T}{b + 2c}\sqrt{\frac{b + 3c}{3T}}.$$

Si nous posons

$$K = \frac{4T}{b + 2c}\sqrt{\frac{b + 3c}{3T}},$$

nous aurons enfin

$$(4) \qquad E_e = KnNP \text{ (unités absolues).}$$

Calcul du coefficient K. — Remarquons tout d'abord que le temps a, pendant lequel la force électromotrice instantanée est *nulle*, est d'autant plus faible que $\left(\frac{\beta + \gamma}{2}\right)$ est plus proche de $\frac{\delta}{2}$; que si γ est plus voisin de $\frac{\delta}{2}$, le temps b pendant lequel la force électromotrice croîtra linéairement sera plus grand; enfin, que si γ se rapproche de β, la durée pendant laquelle la force électromotrice est maximum sera plus courte; (l'induction magnétique nulle dans la bobine n'affectant alors *toutes les spires* que pendant un temps assez court dans ces conditions).

On pose $\frac{a}{T} = \frac{\delta - \beta - \gamma}{4\delta}$, avec $\frac{b}{T} = \frac{\gamma}{2\delta}$, et $\frac{c}{T} = \frac{\beta - \gamma}{4\delta}$ (répondant à $\delta - \beta - \gamma > 0$ et $\beta - \gamma > 0$.

Pour satisfaire aux conditions $\gamma < \beta$ et $\gamma < \delta - \beta$, prenons par exemple

$$\beta = \frac{\delta}{2}; \quad \text{et} \quad \gamma = \frac{2}{3}\beta = \frac{\delta}{3};$$

d'où

$$\frac{\delta - \beta - \gamma}{4\delta} = \frac{1}{4} - \frac{5}{24} = \frac{1}{24} = \frac{a}{T};$$

et

$$\frac{b}{T} = \frac{1}{6}; \quad \frac{c}{T} = \frac{1}{24}.$$

Il vient alors

$$\frac{b + 2c}{4T} = \frac{1}{16}; \quad \text{et} \quad \frac{b + 3c}{3T} = \frac{1}{18}.$$

D'où

$$K = 16\sqrt{\frac{1}{18}} = \frac{16}{3\sqrt{2}} = 3{,}77.$$

D'où pour la force électromotrice efficace dans une bobine

$$E_e = 3{,}77\ nNP \text{ (unités absolues).}$$

Si l'induit est bobiné en tension, on a la formule suivante :

$$E'_e = 2m \times E_e = 7{,}54\ mnNP;$$

avec un bobinage en parallèle, la force électromotrice efficace est la même que dans une bobine E_e.

Nota. — Le coefficient K que nous venons d'obtenir

Digitized by Google

correspond au *double* du coefficient dit : « de Kapp », lequel vaudrait, dans le cas présent, 1,885.

Nous avons supposé un induit *en anneau*. La *même formule* s'appliquerait à un induit en *tambour*, à la condition que N soit le *flux utile* à travers une spire (formée de deux conducteurs ; il y aurait donc $4P$ conducteurs) ; dans ce cas, le flux N (dû tout entier à un pôle d'électro) est le double de celui qui entre en jeu dans une bobine d'induit en anneau (il provient alors de la moitié d'un pôle inducteur).

La méthode que nous venons d'exposer (1) s'applique, tout aussi aisément, aux ondes pentagonales (d'induits lisses) ou aux ondes rectangulaires (d'induits à trous ou à rainures).

H. Pécheux,
Docteur ès sciences.

Revues, analyses et informations

Méthodes étalons d'essai des isolants moulés. (1)

Les notes ci-dessous sont extraites du premier numéro du « Standard Committee Bulletin » publié par l' « Associated Manufactures of Electrical Supplies » de New-York. Le Comité est formé de représentants de la « Westinghouse Electric and Mfg Co », de la « Cutter-Hammer Mfg Co », de la « Boonton Rubber Mfg Co », de la « General Electric Co », de la « B. F. Goodrich Co » et de la « Johns-Pratt Co ».

Parmi les propriétés les plus importantes des isolements moulés, le Comité a choisi tout d'abord celles dont les essais ont donné les résultats les plus concordants.

A. — Propriétés électriques. — Rigidité diélectrique, ou essais de rupture sous des potentiels élevés. — *Eprouvette étalon n° 1.* — L'éprouvette étalon a la forme et les dimensions indiquées sur la figure 1 et elle est coulée sur ces dimensions dans un moule en acier trempé.

Appareillage. — Le courant alternatif doit être autant

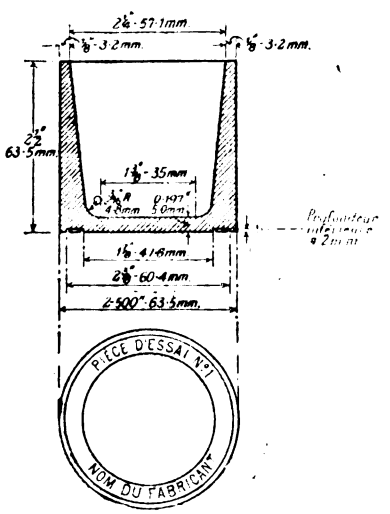


Fig. 1. — Eprouvette étalon n° 1.

que possible sinusoïdal. Le transformateur et la source d'énergie doivent avoir une capacité suffisante, en aucun cas inférieure à 5 kv-a. La fréquence ne doit pas dépasser 100 p : sec. On peut utiliser n'importe quelle méthode de réglage de la tension à condition qu'elle ne produise pas sur l'onde une distorsion supérieure à 10 pour 100. Quand la piqûre se produit, il est bon d'avoir autant d'énergie disponible que possible. Il est recommandé d'introduire dans le circuit des bobines d'étouffement afin de limiter le courant de haute tension au double de la valeur normale du courant du transformateur.

Mode opératoire. — La coupelle d essai flotte sur le mercure, avec 3 mm environ de mercure à l'intérieur. Il est impossible de déterminer une piqûre de la coupelle dans l'air sans voir s'établir un arc entre ses bords, aussi la coupelle est-elle profondément immergée dans de l'huile pour transformateur. Pour les éprouvettes qui nécessitent une tension très élevée, il est souvent nécessaire de protéger par un tube de verre l'entrée du câble conducteur à l'intérieur de la coupelle afin d'empêcher la décharge de se produire entre les électrodes à la surface de l'huile. On augmente progressivement la tension, avec une vitesse de 1 000 v : sec jusqu'à ce que la rupture se produise.

On devra opérer ainsi sur dix coupelles à la température normale du laboratoire de 21° C environ. Cinq coupelles seront étudiées après échauffement d'une heure dans un four maintenu à 10° au-dessous du point de ramollissement de la substance, mesuré comme il sera indiqué dans l'essai étalon C. Cet essai est prévu pour toutes les susbtances moulées qui ne doivent pas supporter des températures de fonctionnement supérieures à 125° C.

Cinq coupelles seront étudiées après avoir été plongées entièrement dans l'eau distillée pendant quarante-huit heures à la température du laboratoire (environ 21° C). La surface de la coupelle sera soigneusement essuyée avec un drap sec pour enlever toute trace d'humidité en excès à la surface, et l'essai sera effectué dans l'huile si c'est nécessaire, et à la température normale du laboratoire.

Pour chaque essai, on mesure l'épaisseur de la coupelle dans une direction perpendiculaire à la surface inférieure, quel que soit le trajet suivi par la décharge. On note la tension de rupture et on en déduit le nombre moyen de volts par millimètre. Si le claquage se produit de côté, il faut établir la tension que supporte l'unité d'épaisseur de la section inférieure.

B. — Propriétés mécaniques. — I. — Essais a la traction. — *Eprouvette étalon n° 2.* — On donne à l'éprouvette les

(1) *Electrician*, 20 juillet 1917, t. LXXIX, p. 622-623, 1 800 mots, 6 fig.

(1) Cette méthode est développée tout au long dans l'ouvrage : « Etude des courants alternatifs », qui paraîtra prochainement (Delagrave, éditeur).

Digitized by Google

dimensions indiquées sur la figure 2 au moyen d'un moule en acier.

Mode opératoire. — On peut utiliser n'importe quel appareil à condition d'éviter les efforts transversaux. Les pièces seront étirées avec une vitesse de 3 à 6 mm : min à la température normale de 21°C. Six éprouvettes étalons seront essayées dans l'état où on les reçoit. Trois éprouvettes étalons seront essayées après échauffement pendant

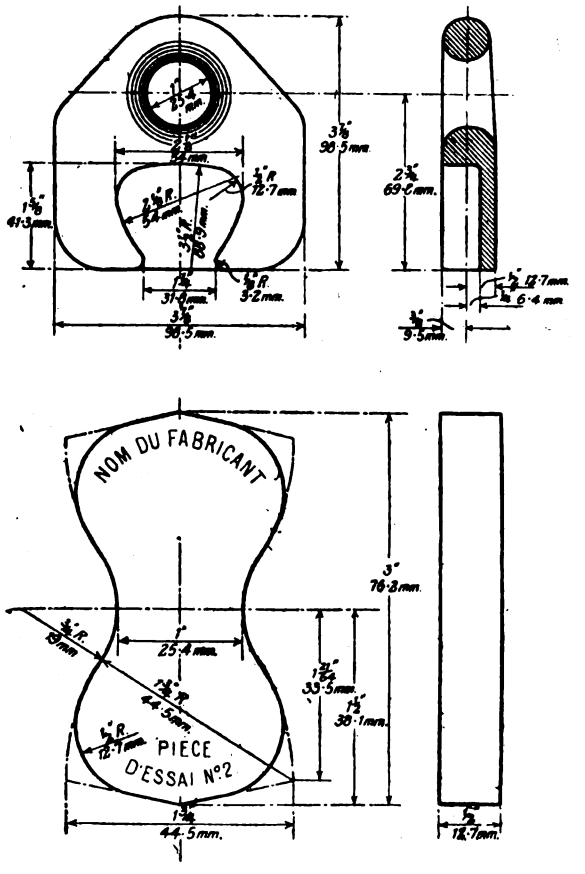


Fig. 2. — Eprouvette étalon n° 2.

une heure dans un four dont la température est inférieure de 10° au point de ramollissement de la substance déterminé suivant la méthode indiquée à propos de l'essai C. L'essai doit être effectué sur les éprouvettes chaudes avec une tolérance de ± 5 pour 100 sur la température choisie. Trois éprouvettes sont également étudiées après avoir été entièrement immergées dans l'eau distillée pendant 48 heures, à la température ambiante. L'excès d'eau est enlevé par essuyage avec un drap sec. L'essai complet comprend les mesures sur les éprouvettes avant et après l'échauffement, avant et après immersion dans l'eau.

II. — Essai de résistance a la compression. — *Eprouvette n° 3.* — On lui donne, au moyen d'un moule d'acier, la forme d'un cube ayant les dimensions indiquées sur la figure 3.

Mode opératoire. — La charge doit être appliquée avec une vitesse constante, ne dépassant pas 3 mm : min (1), jusqu'à ce que l'éprouvette soit écrasée. Six éprouvettes doivent être brisées dans l'état où on les reçoit. Trois éprouvettes seront brisées après échauffement dans un four maintenu à une température inférieure de 10° à la température de ramollissement ; l'essai doit être effectué sur l'éprouvette chaude, avec une tolérance de ± 5 pour 100 sur la température adoptée. Trois éprouvettes seront brisées après immersion dans l'eau distillée pendant 48 heures, l'eau en excès

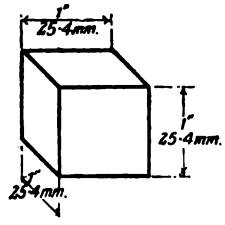


Fig. 3. — Eprouvette étalon n° 3.

étant enlevée au moyen d'un drap sec. Les essais de résistance à la compression doivent être effectués à la température ambiante normale de 21°. Les essais sur les substances qui résistent aux très hautes températures peuvent être effectués au-dessus de 125°C, mais l'essai à chaud ci-dessus indiqué est seulement prévu pour des isolements moulés qui ne doivent pas supporter des températures de fonctionnement supérieures à 125°C.

III. Essai de flexion. — *Eprouvette n° 4.* — Au moyen d'un moule d'acier on donne à la substance les dimensions indiquées sur la figure. 4.

Mode opératoire. — La pièce repose sur deux blocs d'acier dont les angles arrondis ont 1,5 mm de rayon. Ces

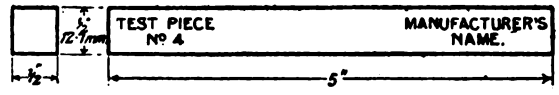


Fig. 4. — Eprouvette étalon n° 4.

supports sont écartés de 100 mm. La charge est appliquée à la partie supérieure de l'éprouvette au moyen d'une pièce organe en forme de coin dont l'arête est arrondie à 3 mm de rayon et qui couvre la largeur de l'éprouvette, son extrémité étant parallèle aux arêtes des deux supports. L'angle du coin est d'environ 45° et la charge est appliquée normalement à l'éprouvette, à égale distance entre les supports. L'éprouvette repose à plat sur les supports, les extrémités étant chacune à la même distance des arêtes.

Six éprouvettes doivent être rompues dans l'état même où on les reçoit. Trois éprouvettes sont brisées après immersion pendant 48 heures dans l'eau distillée à la température ambiante ordinaire, l'eau en excès étant enlevée au moyen d'un drap sec. Tous les essais sont effectués à la température ambiante d'environ 21°C. La charge doit être appliquée à la vitesse de 3 mm environ par minute (1), en commençant par une charge nulle jusqu'aux premiers indices de la rupture.

Pour chaque essai on calculera l'effort transversal en kilogrammes par centimètre carré au moyen de la formule

$$F = \frac{3PL}{2BD^2},$$

(1) Cette phrase est la traduction littérale du texte ; elle signifie sans doute que la charge est appliquée de manière que la vitesse *de la déformation* soit de 3 mm : min.

(1) Même remarque que plus haut.

Digitized by Google

où F désigne l'effort transversal, P la charge appliquée, L la distance entre les supports, B la largeur de l'éprouvette et D son épaisseur.

C. — Propriétés thermiques. — Distorsions sous l'influence de la chaleur. — *Eprouvette n° 4.* — C'est la même que celle indiquée sur la figure 4.

Mode opératoire. — Pour cet essai on utilise un appareil spécial. L'éprouvette repose sur des supports d'acier distants de 100 mm, la charge étant appliquée sur la partie supérieure de l'éprouvette, verticalement et à mi-chemin entre les supports, comme pour l'essai de flexion indiquée ci-dessus. L'appareil est disposé de manière à permettre trois charges différentes : 2,5 kg, 5 kg, et 10 kg. L'éprouvette est disposée dans un bain d'air, entouré par un bain d'huile (fig. 5), disposé de manière que sa température puisse s'élever

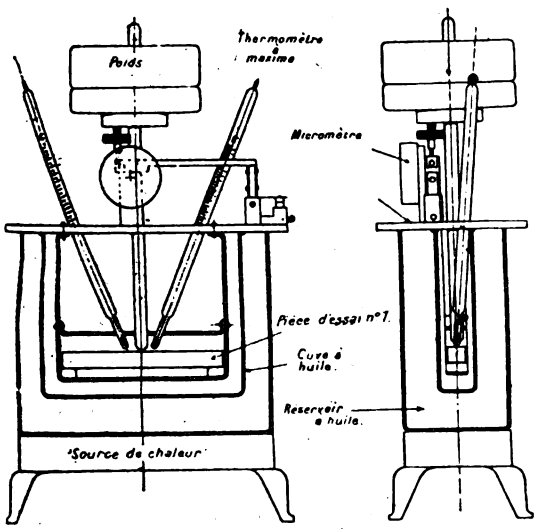


Fig. 5. — Appareil pour les essais de température.

progressivement. La déformation de l'éprouvette en son centre entre les supports peut être mesurée sur une échelle divisée en millimètres. Des thermomètres permettent à tout instant de connaître la température de l'éprouvette. L'appareil peut être disposé de manière que l'échauffement soit interrompu automatiquement, sitôt qu'une déviation déterminée est obtenue.

On fait l'essai sur trois éprouvettes telles qu'on les reçoit, en commençant à la température ambiante normale de 21°C et élevant la température à la vitesse de 0,°5 environ par minute. On adopte comme point de distorsion celui pour lequel l'éprouvette subit une déviation de 0,3 mm au centre, entre les supports. Pour chaque essai on note le point de distorsion, le temps nécessaire et on trace une courbe analogue à celle indiquée sur la figure 6.

D. — Propriétés chimiques. — Absorption d'humidité. — *Eprouvette n° 1.* — La coupelle utilisée est représentée sur la figure 1.

Mode opératoire. — On pèse soigneusement trois coupelles dans l'état où on les reçoit. Si la substance se ramollit à des températures modérées, on peut disposer les éprouvettes dans un dessiccateur ou dans un four à la température de 50° pendant 48 heures. Pour des substances qui ne se ramollissent pas facilement, les éprouvettes sont disposées dans un four maintenu à 100° pendant 48 heures. Après dessiccation on pèse à nouveau l'éprouvette à la température ambiante normale. Enlever les éprouvettes au bout de 12,

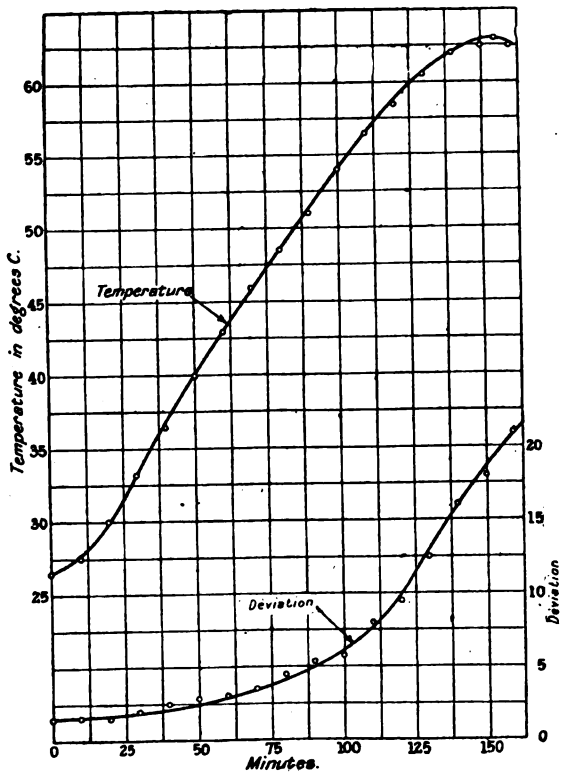


Fig. 6. — Courbes déduites des essais de température. (L'échelle choisie pour les déviations est telle que 10 divisions valent 0,3 mm.)

24, 36 et 48 heures, absorber l'excès d'eau à la surface au moyen d'un drap sec et peser soigneusement.

Pour chaque essai, établir le pourcentage d'humidité que renferme la coupelle à la réception, ainsi que le pourcentage d'humidité absorbé pendant chaque intervalle, en représentant par 100 le poids à sec (1).

A. B.

Production électrique de la pluie (2).

Suivant un brevet australien pris par M. Balsillie, de Victoria, l'électricité peut être utilisée pour favoriser la chute de pluie dans les régions sèches.

On sait que l'atmosphère comprend plusieurs régions distinctes. La portion qui concerne le processus que l'on va décrire est appelée troposphère. La surface de la terre est toujours électrisée négativement et, par temps clair, la troposphère est presque toujours électrisée positivement; par temps humide, cependant, l'électrisation est habituellement négative. La troposphère renferme des quantités

(1) Il sera intéressant de relire en même temps deux articles de Jean Escard « Nature, composition et essai des isolants électriques à base de matières organiques », *R. E.*, 15 mars 1908, t. IX, p. 184 et 15 juin 1909, t. XI, p. 464. — En outre, voir « Travaux de la Commission allemande sur les matières isolantes », *R. E.*, 23 avril 1912, t. XVIII, p. 166.

(2) *Electrician*, 30 novembre 1917, t. LXXX, p. 303.

Digitized by Google

variables de particules électrisées qui font varier le signe normal et le gradient de potentiel habituel de la troposphère.

L'invention repose sur la diminution ou l'annulation, par des moyens artificiels, du gradient de potentiel existant par beau temps entre les zones élevées de la troposphère et le sol, en sorte que les nuages prennent naissance dans une partie de la troposphère ainsi perturbée, d'où résulte la chute de pluie.

L'invention utilise un conducteur électrique destiné à constituer un chemin pour un flux d'énergie entre le sol et la zone troposphérique, le conducteur étant relié, à sa partie inférieure, à une bonne terre, et étant muni, à sa partie supérieure, d'une substance conductrice qui assure la communication électrique avec le nuage ou la troposphère. Un potentiel de l'ordre de 320000 v est maintenu entre les conducteurs: il détermine l'agglomération des particules aqueuses et leur dépôt sur le conducteur mis au sol.

Dans une autre forme de l'appareil, on utilise un simple conducteur mis au sol et alimenté par du courant alternatif à haute tension, au moyen d'un transformateur, avec un circuit oscillatoire fermé, comprenant un éclateur et un condensateur qui, à son tour, est couplé à une bobine d'accord. Le dépôt des particules aqueuses se produit sur le conducteur et dans son voisinage.

A. B.

Théorème général pour le calcul des oscillations de transition dans un réseau [1].

Dans la solution habituelle du problème des oscillations de transition d'un système mécanique ou électrique produites sous l'influence d'un ensemble de forces instantanées, la détermination des modes caractéristiques d'oscillation (périodes et amortissements) est relativement aisée puisqu'elle suppose seulement la détermination des racines d'un polynôme. Il en est tout autrement pour les amplitudes des oscillations de transition.

Le procédé habituel consiste à représenter l'amplitude de chaque mode d'oscillation de chaque coordonnée du système par une constante indéterminée, à substituer dans les équations relatives au système et à déterminer alors les constantes inconnues en accord avec l'état initial du système. Cette méthode est extrêmement laborieuse et la difficulté croît rapidement avec le nombre des degrés de libertés du système.

Heaviside a traité le problème général des oscillations de transition par rapport aux amplitudes et aux périodes dans le cas où les oscillations sont déterminées par l'application instantanée au système d'une force électromotrice constante.

L'auteur développe la solution générale du problème envisagé par Heaviside et en déduit un théorème qui formule le résultant (oscillations forcées et oscillations de transition) d'un système dynamique en réponse à une force arbitraire appliquée à une coordonnée quelconque du système.

La seule restriction imposée à la forme de la force est qu'elle doit être capable de développement suivant une série de Fourier ou tout au moins exprimable par une fonction exponentielle complexe du temps, restriction qui n'a aucune importance pratique.

A. B.

L'influence du traitement thermique sur les propriétés électriques des aciers, particulièrement sur la résistivité et le potentiel thermo-électrique [1].

Bien que Forbes ait remarqué que les conductances électriques et thermiques des métaux sont dépendantes, ce sont les travaux de Franz et Wiedeman, en 1853, qui ont montré que le rapport entre ces deux facteurs doit être une constante; si cette supposition est exacte, il peut être raisonnable de croire que les résistivités électriques et thermiques des métaux sont dues au même mécanisme atomique et moléculaire.

Un peu plus tard, Jaeger et Diesselhorst montrèrent qu'effectivement le rapport était constant pour les métaux purs; en 1897, Schulze fit voir que la loi n'était plus exacte pour les aciers, mais pour les métaux purs ce rapport constant est approximativement constant et égal à $6{,}5.\ 10^{-6}$.

En 1915, les auteurs montrèrent que la résistivité électrique totale des aciers peut être séparée en deux composantes : 1° celle due au fondant; 2° celle due au carbone en solution; l'effet de ce dernier sur la résistance électrique étant proportionnel à la concentration des solutions de carbone, d'autres expériences confirmèrent, en la précisant, cette manière de voir.

A la suite de ces premières recherches, les auteurs entreprirent une série de nouveaux essais dont l'article donne un résumé, les courbes jointes montrent que le potentiel thermo-électrique dépend de la composition chimique de solutions solides aussi bien que de leur concentration.

E. B.

(1) John R. Carson. *Physical Review*, septembre 1917, 2e série, t. x, p. 217-225, 3 800 mots.

(1) E.-D. Campbell et W. Dowd, Université de Michigan. *Engineering*, 19 octobre 1917, t. civ, p. 422-423, 3 500 mots.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Sur l'amélioration du facteur de puissance d'une grande installation de distribution d'énergie électrique

Le problème de l'amélioration du facteur de puissance date de l'origine même des courants alternatifs; mais les premiers procédés mis en œuvre pour augmenter le cos φ ne comportaient que des modifications sur les récepteurs; l'idée de produire du courant réactif à l'aide d'appareils spéciaux est, au contraire, toute récente. Dans cette première partie de son article, l'auteur retrace d'abord à grands traits les divers systèmes, puis étudie particulièrement le moteur synchrone surexcité (condensateur synchrone des Américains) et le condensateur à diélectrique solide. Il donne une théorie très complète de ces deux appareils et, de la comparaison de leurs propriétés, il conclut que, sous presque tous les points de vue, le condensateur statique présente des avantages considérables sur le condensateur synchrone.

Historique. — L'idée d'améliorer le facteur de puissance des installations à courants alternatifs remonte à bien des années déjà ; on peut même dire qu'elle est antérieure à l'extension actuelle de ce mode de transmission d'énergie, car dans tous les cours d'électricité, datant même d'une quinzaine d'années, on signale la possibilité d'utiliser dans ce but les moteurs synchrones surexcités. Toutefois, c'était là une idée plutôt théorique que pratique qui faisait quelque peu sourire les praticiens, et dont, en somme, on ne pouvait citer aucune application.

Cependant l'emploi de l'électricité se développait de plus en plus et la charge des réseaux, constituée au début uniquement par des lampes, commençait à se compléter pendant le jour par des moteurs ; certaines installations se créaient, dont le but principal était la distribution d'énergie pour force motrice. En même temps, les inconvénients dus à une valeur peu élevée du facteur de puissance s'accroissaient, et les exploitants commençaient à s'en émouvoir. Comme la faible valeur du cos φ général des installations était presque toujours due aux propriétés spéciales des moteurs asynchrones, on s'efforça naturellement de supprimer la cause du mal et de modifier ces propriétés en modifiant le moteur ou en lui adjoignant des appareils auxiliaires ; plusieurs systèmes de ce genre furent proposés et sont aujourd'hui employés avec succès. Ce n'est que tout récemment que l'on a repris, pour l'appliquer pratiquement, l'idée de produire du courant réactif à l'aide d'appareils spéciaux.

On voit, d'après cela, que les moyens propres à améliorer le facteur de puissance peuvent se grouper en deux catégories : ceux qui modifient le type de moteur de façon à permettre le réglage de son facteur de puissance, et ceux qui, sans rien présumer des causes déterminantes du mauvais facteur de puissance, y remédient en créant du courant réactif en des points déterminés du réseau afin que ce courant ne doive plus être fourni par la centrale.

Les procédés du premier groupe, quoique basés sur un principe plus récent, sont les seuls qui, en Europe du moins, aient reçu une certaine application pratique. Ceux du second groupe, plus anciens, n'ont, à ma connaissance, reçu aucune application importante en Europe : ils n'ont guère dépassé les bornes d'essais effectués sur des puissances de quelques dizaines de kilovolts-ampères et que l'on peut regarder comme des essais de laboratoire plutôt que comme des applications pratiques.

En Amérique, quelques installations un peu plus importantes ont été faites, mais plutôt dans un but de réglage de la tension que pour améliorer le facteur de puissance, et l'on peut dire que l'emploi sur une grande échelle des procédés de la seconde catégorie reste à faire.

Le problème qui nous occupe intéressait spécialement la Société « Force électrique » de Bakou, dont les installations, pour diverses raisons que j'ai déjà eu l'occasion d'indiquer (1), travaillent avec un cos φ extrêmement faible, environ 0,55. Les inconvénients dus à cette situation, rendus plus sensibles encore par suite du renchérissement énorme des matériaux, des appareils et du combustible, amenèrent la Société, en 1916, à examiner très sérieusement la question de l'application d'un procédé propre à y remédier. Le résultat de cet examen fut la décision de commander immédiatement deux machines de grande puissance pour procéder à des essais, avec l'intention, si ceux-ci étaient satisfaisants, de porter ce nombre à dix d'abord et de l'augmenter ensuite.

L'étude de cette question touche nombre de points intéressants, tant au point de vue technique qu'au point de vue économique tels que, par exemple : choix du système à adopter, économies et avantages à obtenir, détermination de la limite jusqu'à laquelle il est désirable d'augmenter le facteur de puissance, etc. De plus, c'est la première fois, je pense, que la question se pose pour une installation d'une telle puissance : il s'agit en

(1) Voir l'article : Sur la protection des grandes centrales contre les effets destructifs des courts-circuits. *Revue générale de l'Électricité*, t. II, p. 215.

Digitized by Google

effet d'une puissance instantanée (charge) apparente de 72 000 kv-A, travaillant sous $\cos \varphi = 0{,}50$. J'ai cru intéressant d'exposer aux lecteurs de la « Revue générale de l'Électricité » les conclusions adoptées et les raisons qui y ont conduit.

Dans une première partie je commencerai par rappeler l'état actuel de la question, c'est-à-dire les différents moyens en présence, en indiquant les avantages et les inconvénients de chacun; je passerai rapidement sur les méthodes nécessitant une modification du moteur, lesquelles n'étaient pas applicables dans le cas présent, pour m'étendre un peu plus longuement sur les méthodes de la seconde catégorie. J'étudierai ensuite, dans la seconde partie, l'effet de l'amélioration du $\cos \varphi$ sur chacun des éléments de l'installation, et enfin, je tâcherai, en me basant sur ces données, de déterminer le système à adopter et la valeur du $\cos \varphi$ vers laquelle il est avantageux de tendre.

PREMIÈRE PARTIE : État de la question.

Chacun des deux groupes de procédés que nous avons distingués présente des avantages et des inconvénients inhérents à ses caractéristiques mêmes.

Dans tout moteur asynchrone, sous quelque régime de charge qu'il fonctionne, le courant est plus ou moins déphasé sur la force électromotrice aux bornes; en d'autres termes, ce moteur absorbe simultanément du courant actif et du courant réactif, de l'énergie active et de l'énergie réactive.

Les procédés du premier groupe, ou bien remplacent le moteur asynchrone par un moteur n'absorbant que de l'énergie réelle, ou bien lui adjoignent un organe auxiliaire produisant sur place l'énergie réactive nécessaire. C'est évidemment là une solution idéale puisqu'elle coupe le mal dans sa racine : elle transforme la charge inductive en charge non inductive et, par conséquent, la signification même du facteur de puissance disparaît presque complètement, abstraction faite de l'induction souvent négligeable des organes de transmission : câbles, lignes, transformateurs, etc.

Mais ces procédés ne sont applicables qu'à condition que l'exploitant dispose des moteurs de son réseau, qu'il puisse modifier les moteurs déjà installés et choisir le type de ceux à installer; ils exigent, sinon l'intervention, du moins le consentement de l'abonné. Leur application est proportionnellement d'autant plus coûteuse que les moteurs sont moins puissants et pour de petits moteurs, le coût en devient souvent prohibitif. Si la charge inductive du réseau est composée de très gros moteurs, la modification de ceux-ci est souvent facile : ils desservent de grandes industries possédant un service technique avec lequel on peut discuter; il est toujours possible pour l'exploitant soit de faire la modification à ses frais, soit de consentir des rabais qui incitent le client à la faire. Mais s'il s'agit de moteurs nombreux et de faible puissance, il en va tout autrement; la modification des moteurs devient très coûteuse, et si même l'exploitant veut prendre tous les frais à sa charge, l'abonné n'y consentira pas : il tient avant tout à la simplicité et à la sécurité, à la commodité de mise en marche de son moteur; pourquoi laisserait-il compliquer son installation par l'adjonction d'appareils accessoires qui diminueraient ces avantages sans lui donner aucun profit; il n'est du reste pas électricien et le $\cos \varphi$ représente pour lui quelque chose de vague et d'indéterminé dont il y a lieu de se méfier, mais qu'il est fort peu intéressant d'améliorer. Il faudra donc que non seulement l'exploitant supporte directement ou indirectement les frais élevés de transformation des moteurs anciens, mais encore qu'il accorde sous forme de réduction de tarif la compensation souvent très sérieuse qu'en bon commerçant l'abonné ne manquera pas de lui demander. C'est dire qu'il vaudra mieux pour lui renoncer tout de suite à l'application de ces méthodes et les réserver pour les cas, assez rares, où il pourra s'entendre dans de bonnes conditions avec les propriétaires de gros moteurs.

Les procédés du second groupe consistent à produire l'énergie réactive à l'aide d'appareils spéciaux, placés en certains points du réseau. La production de l'énergie réactive ne nécessite en effet qu'une dépense très minime de combustible et son prix de revient est extrêmement faible, mais son transport depuis la centrale jusqu'aux moteurs nécessite les mêmes immobilisations en câbles, lignes, transformateurs, etc... et provoque les mêmes pertes de puissance que s'il s'agissait de transporter de l'énergie active. On se trouve donc en présence d'une marchandise sans valeur dont les frais de transport sont aussi élevés que ceux d'une marchandise chère. Dès lors, il est rationnel de limiter le rôle de l'usine centrale à la production de l'énergie réelle et de rejeter la production de l'énergie apparente en des points aussi voisins que possible des moteurs. Le choix judicieux de ces points sera naturellement de grande importance : le facteur de puissance n'est en effet amélioré que pour la partie des installations comprise entre eux et la centrale et plus ils seront voisins des moteurs, plus complet sera l'effet obtenu. Mais, d'autre part, plus ils seront proches des moteurs plus ils devront être nombreux et moins la production de l'énergie réactive pourra être centralisée; plus grands par conséquent seront les frais d'installation et d'exploitation des appareils destinés à produire le courant déwatté. Il y a donc deux tendances opposées qu'il faut concilier d'après la nature même du réseau étudié.

A. — **Système procédant par modification des moteurs.** — L'emploi de ces procédés étant exclu dans le cas particulier envisagé je me bornerai simplement à rappeler le principe des plus importants d'entre eux. Ils ont du reste été décrits à plusieurs reprises, notamment par M. O. Sartori dans l' « Elettrotecnica » du 5 mars 1914, volume I, fascicule IV, sous le titre : « Dispositivi per migliorare il fattore di potenza sulle reti a correnti trifasi. Risultalti pratici raggiunti » et plus récemment et de façon détaillée par M. Pierre Dumartin dans « La Lumière électrique », fascicules 32, 33 et 34 des 5, 12 et 19 août 1916 sous le titre : « De

Digitized by Google

l'amélioration du facteur de puissance dans les installations électriques industrielles ».

Procédés Görges, Heyland, Leblanc et Scherbius. — Ces procédés sont basés sur la remarque suivante : le courant traversant le stator d'un moteur asynchrone est déphasé sur la force électromotrice aux bornes parce que cette force électromotrice se compose de deux parts, l'une nécessaire pour vaincre la résistance ohmique et la réaction des courants induits dans le rotor par le glissement et l'autre nécessaire pour produire le champ tournant, c'est-à-dire pour vaincre la self-induction de l'ensemble du stator. La première de ces composantes est en phase avec le courant, c'est la composante de puissance correspondant à la puissance développée par le moteur et par conséquent impossible à supprimer; l'autre est déphasée de 90° en avant du courant; elle représente la composante réactive dont le rôle est uniquement de créer le champ tournant. Si ce champ peut être créé par un autre procédé, la seconde composante disparaît d'elle-même. Or un champ tournant peut être créé par divers moyens, autres que celui qui consiste à envoyer du courant triphasé dans un inducteur fixe. On peut par exemple envoyer du courant continu dans un inducteur tournant à la vitesse du synchronisme, et alors toute self-induction disparaît naturellement. On peut encore envoyer du courant triphasé dans un inducteur mobile muni d'un collecteur et de trois balais fixes : si l'inducteur est au repos il présente une forte self-induction, mais s'il est entraîné dans le sens de rotation du champ il présente une self-induction d'autant plus faible que sa vitesse se rapproche plus de celle du synchronisme; pour cette dernière la self-induction disparaît. C'est le procédé de Görges qui utilisait l'enroulement du rotor muni d'un collecteur. Pour améliorer la commutation, Heyland a ajouté entre les lames du collecteur des résistances ohmiques.

L'un des inconvénients de ce système est la complication du rotor et la nécessité de l'alimenter à une tension plus basse que celle du réseau. Pour y remédier M. Leblanc est revenu au système de l'enroulement distinct du rotor et a placé celui-ci hors du moteur en faisant un appareil séparé entraîné par un petit moteur auxiliaire et alimenté par les courants rotoriques du moteur asynchrone, lesquels sont à la tension convenable. Les deux enroulements étant distincts, les flux magnétiques ne se superposent plus, mais les courants en se combinant produisent le même résultat.

Ce procédé, perfectionné par M. Scherbius, est appliqué industriellement par la maison Brown, Boveri.

Vibrateur de Kapp. — Si l'on examine de plus près la variation des courants et des forces électromotrices dans les systèmes Leblanc et Scherbius, on constate que le rôle de la machine auxiliaire ou excitatrice est de produire une force électromotrice déphasée de 90° en avant sur le courant du rotor. On peut se convaincre par une étude du diagramme du cercle qu'il suffit en effet d'appliquer aux bagues d'un moteur asynchrone une tension triphasée de valeur convenable et déphasée de 90° en avant sur les courants rotoriques pour diminuer autant qu'on le veut l'angle de déphasage des courants du stator et même pour donner à cet angle une valeur négative si on le désire.

M. Kapp procède de la sorte en produisant la tension nécessaire à l'aide de son vibrateur qui consiste en trois petits moteurs à courant continu dont les inducteurs sont alimentés par du courant continu et dans les induits desquels on envoie, par l'intermédiaire des balais, le courant de chacune des trois phases du rotor. Les induits se trouvent donc soumis à chaque renversement du courant à des couples alternativement de sens contraire et, comme leur inertie est faible et la fréquence peu élevée, ils suivent ces impulsions et font alternativement quelques tours dans un sens et quelques tours dans l'autre. Ils fonctionnent donc alternativement comme moteurs et comme générateurs et créent dans le circuit une force électromotrice qui est en avance de 90° sur le courant dans ce circuit.

Vibrateur Boucherot. — Tandis que dans les machines ci-dessus, le déplacement des conducteurs est presque normal aux lignes de force, dans le vibrateur de M. Boucherot, la partie mobile se déplace parallèlement à ces lignes. La théorie de ces appareils et en particulier celle du vibrateur Boucherot a été donnée dans le n° 538 de « l'Industrie électrique ».

Moteurs a collecteur. Moteurs autosynchrones. — L'emploi des moteurs à collecteur fonctionnant sous un facteur de puissance égal à l'unité peut également résoudre la question de l'amélioration du facteur de puissance lorsqu'il s'agit de nouveaux moteurs à installer.

Il en est de même pour les moteurs autosynchrones de Danielsen obtenus en envoyant du courant continu dans le rotor d'un moteur asynchrone, ce qui le transforme en moteur synchrone dont on peut, à volonté, régler le facteur de puissance.

B. — **Systèmes procédant par production de courant réactif.** — Différents appareils peuvent être employés pour produire du courant réactif : des appareils rotatifs, moteurs synchrones surexcités, convertisseurs, groupes moteurs-générateurs synchrones et moteurs synchrones générateurs ou des appareils statiques, condensateurs à diélectrique solide ou liquide.

Parmi les appareils rotatifs, le seul qui doive retenir notre attention est le moteur synchrone surexcité. Le groupe moteur générateur synchrone ne présente aucun avantage sur le moteur synchrone surexcité et lui est beaucoup inférieur sous le rapport de l'économie. Quant à la commutatrice et au groupe moteur synchrone générateur, elle constitue en quelque sorte un cas particulier du moteur synchrone et ne peut, du reste, être appliqué que dans les cas très rares où une forte demande d'énergie, pour laquelle l'exploitant peut imposer le type et le mode de conduite du moteur, existe en un point où il est désirable de produire du courant réactif.

a. — Moteur synchrone surexcité a vide. — *Fonctionnement.* — Pour bien faire comprendre le mode

Digitized by Google

d'action du moteur synchrone surexcité, considérons d'abord un alternateur entraîné par un moteur quelconque et raccordé aux barres générales d'une centrale de puissance beaucoup supérieure à la sienne. On sait que la puissance débitée par un tel alternateur travaillant en parallèle avec d'autres ne dépend pas du réglage de son excitation, mais seulement de la puissance développée par le moteur qui l'entraîne. Soit (fig. 1) OE la force électromotrice aux barres de la centrale, et OI le courant traversant l'alternateur, déphasé de φ sur E. La puissance développée est égale à $OE' \times OI \cos \varphi$ (ou $OE \times OI \cos \varphi \sqrt{3}$ s'il s'agit d'un alternateur triphasé). Comme nous avons supposé que l'alternateur a une puissance faible par rapport à celle de la centrale, nous pouvons admettre qu'il n'y a pas d'influence sur la tension aux barres, laquelle est sensiblement constante (1). Dès lors, la puissance développée par l'alternateur est proportionnelle à OA. Si nous modifions son excitation sans modifier la puissance du moteur qui l'entraîne, la projection de OI sur OE devra rester égale à OA et le point I sera astreint à se mouvoir sur la droite $A_1 A_2$; quand nous augmenterons l'excitation, il se rapprochera de A_2. Si nous augmentons jusqu'à OB, la puissance du moteur modifiant le réglage de son régulateur de vitesse de façon qu'il ait une tendance à tourner plus rapidement, le courant prendra une nouvelle valeur OI' telle que le point I' soit sur $B_1 B_2$, quelle que soit la façon dont nous modifions l'excitation de l'alternateur; il ne pourra pas quitter cette droite aussi longtemps que nous ne modifierons pas à nouveau la puissance du moteur.

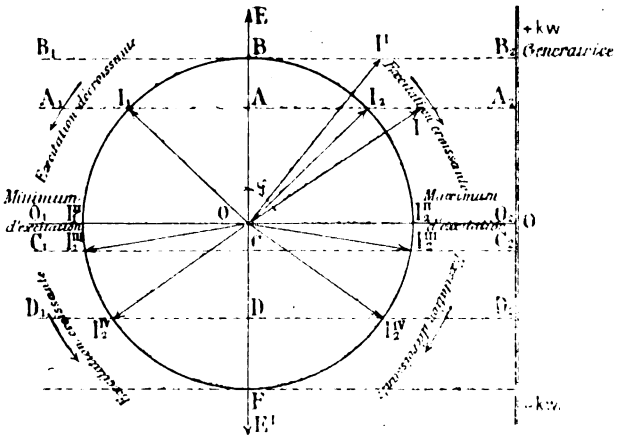


Fig. 1.

Ceci étant, supposons que nous ayons amené à nouveau le point I' en B par le réglage de l'excitation : à ce moment, le courant débité sera en phase avec la tension aux bornes et un phasemètre branché sur la machine indiquerait $\cos \varphi = 1$. Si alors nous diminuons quelque peu la puissance du moteur, l'intensité du courant va diminuer légèrement en cessant d'être en phase avec la tension, et si nous cherchons à la ramener à sa valeur primitive en modifiant l'excitation, nous constaterons que nous pouvons y arriver de deux façons : soit en la diminuant, soit en l'augmentant, mais en même temps nous verrons que le phasemètre déviera dans le premier cas du côté de l'avance de phase du courant sur la tension et dans le second cas, du côté du retard de phase. Vectoriellement, cela signifiera que, en même temps que la puissance passe de la valeur OB à la valeur OA, l'extrémité du vecteur de courant qui était en B et qui doit maintenant se trouver sur la ligne $A_1 A_2$ aura tourné soit vers la gauche (courant en avance), soit vers la droite (courant en retard) pour venir soit en I_1 soit en I_2. En continuant à diminuer progressivement la puissance utile du moteur tout en maintenant la même intensité de courant, nous pourrons amener la puissance à être nulle; l'extrémité du vecteur de courant sera alors soit en I''_1 soit en I'_2, suivant que nous aurons procédé par diminution ou par augmentation de l'excitation. A ce moment, la machine motrice fournira exactement l'énergie nécessaire à la compensation des pertes et l'alternateur ne développera aucune puissance : il débitera un courant déphasé de 90° en avant ou en arrière sur la tension. Si alors nous fermons complètement l'admission du moteur, l'alternateur continuera à tourner, mais c'est lui qui fournira l'énergie nécessaire à la compensation des pertes : il fonctionnera comme moteur en absorbant une certaine quantité d'énergie (production d'énergie négative) OC; en même temps, nous constaterons que pour maintenir le courant constant, c'est-à-dire pour passer de I''_1 en I'''_1, nous devrons augmenter l'excitation, tandis que pour passer de I''_2 en I'''_2, nous devrons la diminuer. Si nous donnons une charge croissante à l'alternateur travaillant comme moteur, par exemple en supposant que l'on puisse faire fonctionner la machine à vapeur à laquelle il est relié comme compresseur ou comme pompe, nous pourrons amener la puissance développée à être égale à OF et l'angle de déphasage φ à être nul; nous reconnaîtrons que nous sommes arrivés ainsi (en augmentant l'excitation dans le cas du courant en avance et en la diminuant dans le cas du courant en retard) à une valeur du courant d'excitation identique à celle qui existait quand l'alternateur fonctionnait comme générateur au point A_1, abstraction faite de l'influence due à la chute ohmique dans le stator.

Pratiquement, la partie du diagramme voisine de I''_1 n'est pas toujours réalisable car lorsqu'on diminue trop l'excitation de l'alternateur, il tombe hors de phase. La même chose se produirait si, lorsqu'étant au point A, on augmentait la puissance du moteur entraînant l'alternateur sans augmenter l'excitation de ce dernier, ou si lorsque étant au point B, on chargeait davantage sans augmenter l'excitation.

On voit, d'après ce qui précède, que dans une centrale comportant un certain nombre d'alternateurs en parallèle et alimentant une charge inductive on peut,

(1) On peut du reste supposer que cette tension est maintenue rigoureusement constante à l'aide d'un régulateur automatique agissant sur les autres unités de la centrale.

Digitized by Google

avec la plus grande facilité, régler le déphasage du courant débité par chacune des machines. On peut, par exemple, les faire travailler toutes avec le même facteur de puissance qui sera alors le facteur de puissance moyen de la centrale, mais on peut aussi faire travailler une partie d'entre elles sous cos $\varphi = 1$, (point B du diagramme) et les autres sous cos $\varphi = 0$; (point I''_2 du diagramme) comme nous l'avons montré; les moteurs entraînant ces dernières fonctionneront alors presque sans charge, fournissant seulement l'énergie nécessaire à la compensation des pertes.

Si les alternateurs, au lieu d'appartenir à une même centrale, sont répartis dans deux usines travaillant en parallèle, tout se passe de la même façon, et lorsqu'une usine hydro-électrique, alimentant un réseau à charge inductive situé à grande distance, travaille en parallèle avec une usine thermique située à proximité du réseau, on a souvent recours à ce second mode de réglage qui est très économique; la charge active est autant que possible reportée sur l'usine hydro-électrique où l'énergie est produite dans de bonnes conditions économiques puisqu'il n'y a aucune dépense de combustible, tandis que la charge réactive est supportée par l'usine thermique où elle ne provoque qu'une dépense d'énergie réelle et une consommation de combustible extrêmement réduites.

Pour passer de ce cas particulier de la marche en parallèle des alternateurs à celui des moteurs synchrones surexcités, ou condensateurs synchrones comme les appellent les Américains, il n'y a qu'un pas à faire. Si l'usine hydro-électrique est assez puissante pour pouvoir en tout temps se passer du secours de l'usine thermique, supprimons les moteurs de celle-ci et laissons tourner les génératrices comme moteurs synchrones : elles fonctionneront au point I'''_2 du diagramme ci-contre au lieu de fonctionner au point I''_2, leur cos φ sera très légèrement différent de 0 (environ 0,04 à 0,05), mais rien ne sera modifié à la marche de l'installation, nous aurons réalisé ainsi l'amélioration du facteur de puissance de l'usine hydro-électrique à l'aide de moteurs synchrones surexcités : nous aurons une centrale débitant sur un réseau inductif quelconque en un ou en plusieurs points quelconques duquel on produit à l'aide de condensateurs synchrones du courant déphasé en avant sur la tension du réseau d'un angle très voisin de 90°.

Si j'ai amené le lecteur à la conception ci-dessus par une voie peut-être un peu détournée, c'est pour mieux montrer que, quoique l'application des condensateurs synchrones n'ait jamais été faite en grand, elle ne constitue pas une tentative entièrement nouvelle, un essai d'appareil plus ou moins inconnu qu'il serait fort hasardeux d'expérimenter en grand, mais bien une modification à une méthode couramment employée et dont on est en droit d'attendre des résultats entièrement satisfaisants.

Mise en marche. — L'alternateur destiné à fonctionner uniquement comme condensateur synchrone doit être muni d'un dispositif permettant de l'amener à la vitesse du synchronisme en vue du couplage en parallèle. Deux dispositifs principaux sont pratiquement employés : le démarrage par un moteur auxiliaire et le démarrage par transformateur.

Le démarrage par moteur auxiliaire se fait en attelant à l'alternateur un moteur de puissance suffisante pour l'amener à vide mais sous pleine excitation, à une vitesse au moins égale à celle du synchronisme; si l'excitatrice est en bout d'arbre comme c'est généralement le cas, le moteur doit pouvoir entraîner en même temps celle-ci. La puissance à choisir dépend du temps que l'on veut consacrer au démarrage puisque le moteur doit fournir l'énergie nécessaire à la mise en vitesse. En général, un moteur ayant 2 à 3 pour 100 de la puissance de l'alternateur est suffisant.

Lorsque le couplage en parallèle est effectué, on coupe le circuit du moteur de démarrage; pour éviter les pertes dues à la rotation inutile de celui-ci pendant la marche normale, il est bon de prévoir entre l'alternateur et son démarreur un accouplement permettant de débrayer en marche. Si le moteur de démarrage choisi est un moteur asynchrone alimenté par le réseau, il faut qu'il ait une vitesse de synchronisme un peu plus élevée que celle du moteur synchrone pour tenir compte du glissement, c'est-à-dire qu'il doit avoir un nombre de pôles inférieur à celui du moteur synchrone; le réglage de la vitesse s'obtient, soit par le rhéostat de démarrage, soit en amenant l'ensemble des deux machines à une vitesse supérieure à celle du synchronisme et en coupant le courant; on profite pendant le ralentissement progressif du moment où le synchronisme est obtenu pour coupler.

Le démarrage par transformateur s'opère en faisant fonctionner le moteur synchrone comme moteur asynchrone; en effet, si on envoie du courant polyphasé dans l'induit d'un alternateur polyphasé, on crée un champ tournant qui développe dans les masses métalliques massives et dans les circuits amortisseurs de l'inducteur des courants suffisants pour provoquer la rotation de celui-ci et l'entraîner à une vitesse voisine du synchronisme. On n'atteint jamais la vitesse du synchronisme par ce système, mais comme le moteur tourne à vide, on s'en approche suffisamment pour pouvoir coupler sans danger. Il n'y a, du reste, pas à proprement parler de couplage en parallèle dans ce cas. Le moteur étant en vitesse et raccordé directement au réseau, on l'excite lentement et il se met en phase automatiquement.

On ne peut pas, lorsque le moteur est au repos, raccorder simplement son induit au réseau car le courant, limité en ce moment par la seule réactance de l'induit, serait excessif. On emploie un transformateur spécial réduisant la tension au tiers ou au quart de sa valeur normale et permettant de l'augmenter en la portant par exemple à la moitié, aux trois quarts, puis à sa pleine valeur, au fur et à mesure que la force contre-électromotrice se développe dans l'induit.

Le coût du transformateur démarreur et de son contrôleur est sensiblement égal au coût du moteur démarreur et de son rhéostat. Le démarrage par transforma-

Digitized by Google

teur n'est pas possible quand il s'agit de courant monophasé.

Enfin, on peut encore citer un troisième mode de démarrage qui ne présente qu'un intérêt très restreint parce qu'il exige du courant continu dont on dispose rarement dans les installations à courant alternatif : c'est le démarrage par l'excitatrice, que l'on prévoit alors suffisamment puissante pour permettre son emploi comme moteur démarreur.

Construction. — En principe, un condensateur synchrone ne diffère pas d'un alternateur ou d'un moteur synchrone ordinaire. Cependant, au point de vue de l'exécution, il présente quelques particularités.

Le condensateur synchrone n'étant le siège d'aucun effort mécanique important peut être construit beaucoup plus légèrement : l'arbre et les paliers notamment peuvent être considérablement réduits; il est désirable que le moment d'inertie de la partie mobile ne soit pas trop élevé pour faciliter une mise en marche rapide après une interruption de service. Il semblerait rationnel de donner à ces appareils des vitesses très élevées afin de réduire leur prix et leur encombrement, mais, jusqu'à présent, les firmes qui les construisent ne sont pas entrées dans cette voie, et se sont limitées à des vitesses de 400 à 500 t : min pour des condensateurs de 2 000 à 3 000 kv-A. Il est probable que le coût de la construction spéciale que nécessiterait l'emploi de grandes vitesses angulaires compenserait et peut-être même dépasserait l'économie que l'on pourrait réaliser sur le poids.

Comme les condensateurs synchrones doivent fonctionner avec une excitation très élevée, leurs circuits inducteurs doivent être spécialement prévus pour permettre d'atteindre ce degré d'excitation sans pertes exagérées et sans échauffement nuisible. D'une façon générale la question des pertes dans les condensateurs synchrones doit faire l'objet d'une attention spéciale de la part du constructeur, car le coût de l'énergie perdue représente la presque totalité des frais de production de l'énergie déwattée. Le prix de revient du kilovolt-ampère-heure est donc presque proportionnel aux pertes. Celles-ci exprimées en kilowatts ne doivent pas dépasser dans une bonne machine 4 à 5 pour 100 de la puissance apparente exprimée en kilovolts-ampères.

L'entrefer est généralement réduit au minimum possible afin de diminuer les pertes d'excitation.

Il est indispensable de munir les condensateurs synchrones d'amortisseurs qui augmentent la stabilité de marche. Ce sont des circuits fermés entourant les pôles de l'inducteur; ils peuvent être constitués par des enroulements fermés sur eux-mêmes, par des barres de cuivre réunies par des plaques situées de part et d'autre des pôles, ou par tout autre moyen. Ces amortisseurs agissent de la façon suivante : en marche normale le flux de réaction d'induit se meut avec la vitesse du synchronisme et reste constamment opposé au flux inducteur; les circuits amortisseurs ne coupent donc aucune ligne de force; mais si, par suite d'une brusque variation de la tension ou de la fréquence du réseau, l'inducteur avait une tendance à retarder ou à avancer sur le flux de réaction d'induit, celui-ci induirait dans les amortisseurs des courants intenses qui tendraient à s'opposer à ce mouvement. Les amortisseurs facilitent aussi beaucoup le démarrage par transformateur, en diminuant la résistance offerte aux courants induits par le flux tournant.

Courbes en V. — Examinons maintenant au point de vue électrique, quelles sont les particularités que doit présenter le condensateur synchrone. Soit un alternateur travaillant en parallèle sur des barres maintenues à la tension E (fig. 2) et débitant un courant I déphasé

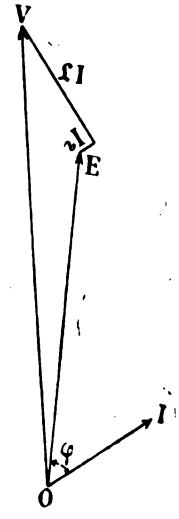


Fig. 2.

d'un angle φ sur E. Pour trouver la force électromotrice induite dans l'alternateur nous devons ajouter vectoriellement à E la chute de tension interne qui provient de l'inductance de l'enroulement, de sa résistance ohmique, de la réaction d'induit et des courants parasites induits dans les masses métalliques. Tous ces termes peuvent se représenter par une résistance et une inductance fictives r et L de l'induit, et alors pour trouver V, tension interne induite dans l'alternateur, il suffira de porter vectoriellement à la suite de E, rI parallèle à I et LI perpendiculaire à I.

Dans les alternateurs modernes rI est extrêmement faible vis-à-vis de LI et la figure 2 peut sans grande erreur être ramenée à la figure 3.

Mais l'angle VEA = EOI = φ et comme la tension aux bornes est constante et que VE est proportionnel à I, on peut dire que EA = EV cos φ est proportionnel à la puissance utile $EI\sqrt{3}\cos\varphi$ de l'alternateur. Si donc nous faisons varier l'excitation de l'alternateur, la force électromotrice induite variera proportionnellement (abstraction faite de l'influence de la courbe du magnétisme) et le point V se déplacera sur la droite 1 parallèle à E. Pour chaque puissance utile on peut tracer une telle droite 2, 3... etc., sur laquelle l'extrémité du vecteur de tension sera astreinte à se mouvoir.

Digitized by Google

Pour chaque puissance on peut tracer la courbe de la valeur du courant I en fonction du courant d'excitation, ou, ce qui revient au même, du vecteur VE proportionnel à I en fonction du vecteur OE proportionnel à i.

Ces courbes qui caractérisent les propriétés de l'alternateur au point de vue de la marche en parallèle se déduisent de la figure 3.

Soit VO = la force électromotrice développée dans l'induit et VE = la chute de tension due à la self-induc-

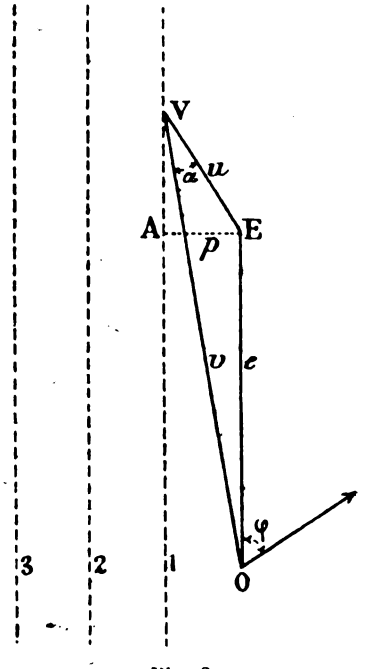


Fig. 3.

tion fictive de cet induit : appelons p la puissance représentée par AE et e la tension constante OE. Nous pourrons écrire que

$$e^2 = v^2 + u^2 - 2uv \cos \alpha,$$

$$uv \sin \alpha = pe.$$

En éliminant α

$$(e^2 - v^2 - u^2)^2 = 4 (v^2u^2 - p^2e^2).$$

Pour chacune des valeurs 1, 2, 3, etc., de la puissance, nous obtenons une courbe composée de quatre branches symétriques dont une seule est pratiquement intéressante. La figure 4 représente la partie utile de ces courbes. Pour $p = 0$ la courbe se réduit à deux droites AB et BC inclinées à 45 pour 100 sur l'axe de v. Pour les autres valeurs de p elle prend une forme se rapprochant de la lettre V qui a fait donner à ces courbes le nom de courbes en V des alternateurs. Le lieu des points pour lesquels la tangente est parallèle à AB est la bissectrice de l'angle des axes ; celui des points pour lesquels la tangente est parallèle à l'axe des v est une hyperbole équilatère passant par le point B correspondant à OB = e et ayant pour asymptotes les deux bissectrices des axes ; le lieu des points pour lesquels la tangente est parallèle à l'axe des u est une hyperbole symétrique de la précédente ; enfin les deux branches des courbes en V, dont une partie seulement, celle en trait plein, est utile, ont une asymptote commune qui est la bissectrice des axes.

Un alternateur dont la réactance d'induit est L étant traversé par un courant I donné, pour connaître la

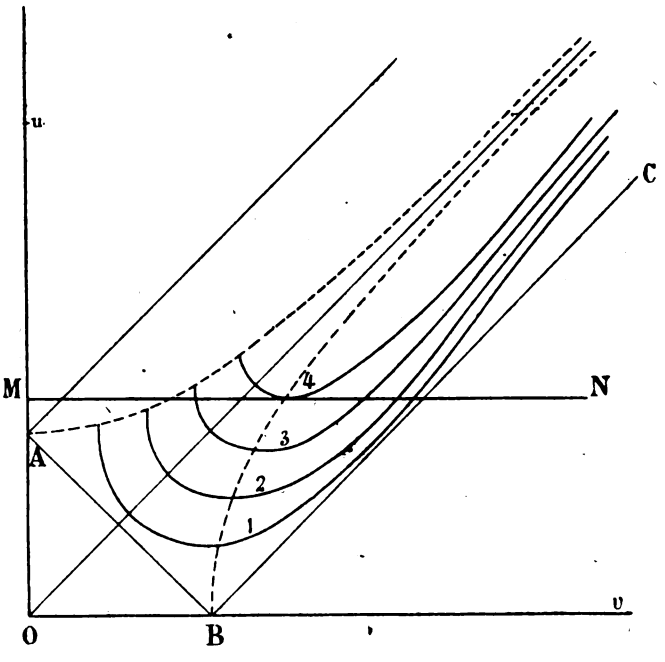


Fig. 4.

force électromotrice induite nécessaire, on porte en ordonnée la valeur $u = 2\pi f IL$ et on trace une parallèle à l'axe des v ; l'intersection de cette droite avec la courbe correspondant à la puissance débitée par la machine donne le point cherché.

On voit tout de suite que, si l'on considère le courant de pleine charge de la machine, celle-ci travaillera sur l'une des premières courbes à l'intérieur du faisceau lorsqu'elle fonctionne comme génératrice normale ou comme moteur synchrone normalement excité ; en particulier, si elle fonctionne sous cos $\varphi = 1$, la courbe 4 de la puissance normale sera précisément tangente à la droite MN tracée. Si, au contraire, la machine fonctionne comme condensateur synchrone, elle travaillera sur l'une des courbes extrêmes du faisceau vers l'extérieur. C'est là une différence caractéristique entre le fonctionnement d'une génératrice et celui d'un condensateur synchrone.

Les alternateurs fonctionnant comme génératrices travaillent presque toujours sous excitation normale, leur cos φ n'étant pas très éloigné de l'unité ; la partie utile des courbes en V est celle qui est voisine de l'hyperbole des points minima et les courbes peuvent sans inconvénient être très aplaties, ce qui assure du reste

Digitized by Google

une meilleure stabilité de marche. Si au contraire l'alternateur doit, pour une raison quelconque, être fortement surexcité, il travaillera normalement dans la partie des courbes située à droite de cette hyperbole et loin de son point d'intersection avec les courbes. Dès lors il est désirable que celles-ci ne soient pas trop ouvertes pour éviter d'exagérer la tension induite v et par conséquent le courant d'excitation et les pertes. Toutefois, comme les courbes doivent toujours être comprises entre leur asymptote et la droite BC correspondant à une puissance nulle, la variation du courant d'excitation avec la nature des courbes en V est assez limitée. J'ai représenté sur les figures 4 et 5, en exagérant à dessein les différences, des courbes fortement ouvertes et fortement fermées : on peut se rendre compte que la différence du courant d'excitation n'est pas énorme.

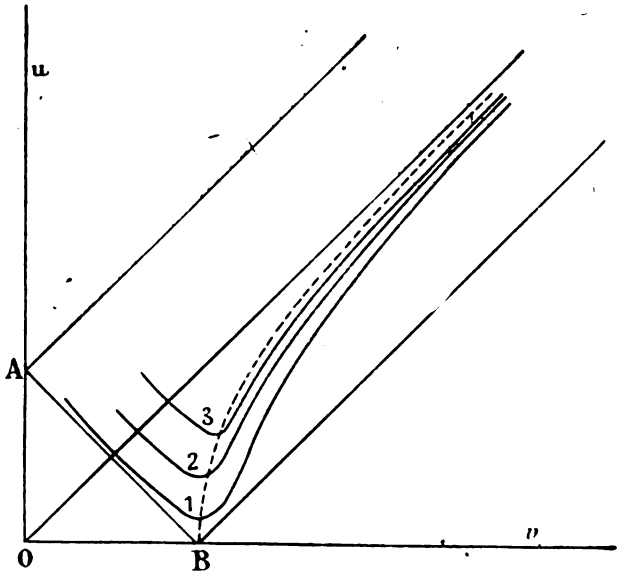


Fig. 5.

Le degré d'ouverture des courbes en V dépend de la valeur de la self-induction de la machine ; en effet, pour une valeur donnée de la tension aux bornes e, de la force électromotrice v et de la puissance p, la chute de tension u a une valeur déterminée. Comme u est égal au produit du courant par la self-induction fictive L, le courant correspondant au régime envisagé sera d'autant plus grand que L sera plus petit.

b) Moteur synchrone surexcité en charge. — Si au point où l'on veut produire du courant réactif, on doit alimenter un moteur d'une certaine puissance et que la nature de la charge permette l'emploi d'un moteur synchrone, on peut, au lieu d'un moteur quelconque et d'un condensateur synchrone installer, un moteur synchrone surexcité fonctionnant en charge. Toutefois il ne faudrait pas croire que le courant réactif ainsi produit ne coûtera rien.

En nous reportant au diagramme de la figure 1, nous voyons que le moteur en charge fonctionnera en un point I_2, c'est-à-dire sous un cos φ compris entre o et l'unité, et variant suivant la proportion entre la puissance qu'il développera et l'énergie réactive qu'il produira.

Supposons que nous ayons à produire une puissance active Q et qu'en même temps nous désirions produire une puissance réactive L. Le rapport entre le courant actif et le courant réactif absorbé par le moteur, dont le rendement au régime considéré est supposé égal à ρ, sera $\frac{Q}{\rho L}$. Il fonctionnera donc sous un facteur de puissance

$$\cos\varphi = \frac{Q}{\sqrt{Q^2 + \rho^2 L^2}}$$

et la puissance du moteur à choisir sera

$$P = \frac{Q}{\cos\varphi} = \sqrt{Q^2 + \rho^2 L^2}.$$

Par suite de la nécessité de produire du courant réactif de la puissance du moteur nécessaire et, approximativement, les pertes seront augmentées dans le rapport

$$\frac{I}{\cos\varphi} = \frac{\sqrt{Q^2 + \rho^2 L^2}}{Q}.$$

Si Q est grand par rapport à ρL, cette augmentation de puissance sera très faible, mais elle s'accentuera au fur et à mesure de la diminution du rapport $\frac{Q}{\rho L}$. Si par exemple $Q = \rho L$, c'est-à-dire si on veut produire une puissance réactive à peu près égale à la puissance active nécessaire, le moteur fonctionnera sous cos $\varphi = 0{,}7$ et sa puissance devra être augmentée de 40 pour 100 environ. Si on avait installé deux machines, un moteur quelconque et un condensateur synchrone, la puissance totale installée eût été de 100 pour 100 supérieure à la puissance réactive à produire. Il y a donc ici une économie notable de puissance et une économie plus notable encore sur les frais d'installation et sur les pertes car une machine de puissance double coûte moins cher et a un rendement meilleur que deux machines de puissance donnée. Ceci est surtout sensible s'il s'agit d'unités de faible puissance, jusqu'à 400 ou 500 kw par exemple.

Toutefois, cette économie ne va pas sans quelques désagréments : toute variation de charge du moteur influe sur le cos φ et, par conséquent, sur la puissance apparente produite. S'il y a un certain nombre de moteurs semblables, une compensation peut être obtenue, mais s'il s'agit d'un moteur unique de forte puissance, ces variations de charge peuvent être gênantes surtout si le moteur est employé au réglage de la ten-

Digitized by Google

sion (1). On peut, il est vrai, y parer par des régulateurs automatiques. Enfin l'exploitant doit obtenir l'accord de son client, ce qui ne se fait généralement pas gratuitement et il reste toujours plus ou moins sous sa dépendance.

c) Condensateurs statiques. — Les condensateurs statiques sont connus depuis très longtemps, ils sont bien antérieurs, non seulement aux courants alternatifs, mais même au courant continu et aux piles; ils sont contemporains de l'électricité vitrée et de l'électricité résineuse, vénérables ancêtres de toute la technique électrique moderne.

Il peut sembler bizarre que, sachant, d'une part, que l'introduction d'une capacité dans un circuit donné pouvait être utile, et, d'autre part, connaissant un appareil simple et robuste possédant cette capacité, les électriciens n'en aient pas depuis longtemps fait usage. Cela provient de ce que le condensateur sous sa forme primitive, simple et robuste, possède une capacité tellement infime par rapport à son prix, à son poids et à son volume qu'il ne peut pas être question de l'utiliser en pratique.

Quant aux condensateurs dérivés de la forme primitive dont la capacité volumétrique est notablement accrue, ils sont restés pendant longtemps des appareils trop chers et surtout trop délicats pour être considérés comme industriellement applicables. Et cela se comprend facilement si l'on songe que la capacité d'un condensateur est inversement proportionnelle à l'épaisseur du diélectrique séparant ses armatures. Les constructeurs se trouvent donc dans l'alternative ou de réduire beaucoup la capacité en augmentant le diélectrique, ou de réduire le coefficient de sécurité en diminuant jusqu'à la dernière limite l'épaisseur de l'isolant. Ce n'est que dans ces dernières années que, grâce à une étude approfondie des propriétés des matériaux employés et des causes de détérioration, on est parvenu à améliorer suffisamment les résutats précédemment obtenus pour pouvoir songer à des applications industrielles importantes.

Fréquence. — Un point qu'il ne faut pas oublier en étudiant l'emploi des condensateurs, c'est que leur puissance est directement proportionnelle à la fréquence du courant qui les traverse. Aussi si leur application peut être envisagée dans des réseaux à 50 ou 60 p : sec, devient-elle fort difficile sinon économiquement impossible dans les réseaux à très basse fréquence, 10, 15 et 20 p : sec par exemple.

Puissance apparente. — Il n'est pas inutile de préciser ce que l'on entend par puissance apparente d'un condensateur; on désigne habituellement les condensateurs par leur capacité et il peut sembler bizarre d'entendre parler de puissance à leur sujet. Cependant la notion de capacité seule ne donne aucune idée de la dimension et de l'importance de l'appareil envisagé : un condensateur de 10 microfarads pour haute tension peut être bien plus grand qu'un autre condensateur de 100 microfarads pour quelques volts; le premier est un appareil industriel, le second un appareil de laboratoire. Pour désigner complètement un condensateur il faudrait donc le désigner par sa capacité et sa tension, et encore, pour savoir quel effet utile on peut en tirer, faudrait-il tenir compte de la fréquence du réseau sur lequel il doit être branché.

Pour éviter cette complication, il est plus simple de rapporter tous les condensateurs à une même fréquence de courant, la fréquence normale de 50 p : sec, et de les désigner par leur puissance apparente à cette fréquence. Un condensateur de C farads, auquel on applique une tension E efficace à la fréquence f, laisse passer un courant efficace

$$I = 2\pi f C E,$$

et sa puissance apparente est

$$W = EI = 2\pi f C E^2.$$

Cette tension caractérise la dimension, le poids et le prix de l'appareil, tous les condensateurs ayant une même puissance apparente pour une fréquence f, auront le même poids, les mêmes dimensions et coûteront à peu près le même prix (dans certaines limites évidemment). Ils ne différeront que par le groupement des éléments.

L'énergie emmagasinée par un condensateur de capacité C, chargé à la tension e^2 étant $\frac{Ce^2}{2}$ pendant chaque quart de période, un condensateur soumis à une tension alternative efficace E, c'est-à-dire à une tension maximum $E\sqrt{2}$, absorbe ou fournit une quantité d'énergie $\frac{C\left(E\sqrt{2}\right)^2}{2} = CE^2$ et sa puissance moyenne pendant ce quart de période est $\frac{CE^2}{\frac{T}{4}} = 4\,CfE^2$, T étant la durée d'une période, ou f le nombre de périodes par seconde. On pourrait en conclure que la puissance apparente du condensateur est $4\,CfE^2$. Ce serait inexact, cette quantité représente la puissance réelle moyenne du condensateur pendant un quart de période, mais comme cette puissance réelle moyenne est alternativement positive et négative, la puissance réelle moyenne pendant une période ou pendant un nombre quelconque de périodes entières sera nulle. Quant à la puissance apparente considérée ci-dessus, c'est une quantité fictive égale au produit du courant efficace traversant le condensateur par la tension efficace appliquée à ses bornes; elle ne correspond à aucune grandeur réelle et constitue simplement un problème mathématique.

Résonance. — Dès que l'on introduit un condensateur dans un circuit à courants alternatifs contenant des

(1) Outre son rôle de générateur de courant réactif, le moteur synchrone surexcité peut fort bien remplir avantageusement le rôle de régulateur de tension d'une longue ligne de transmission. Voir à ce sujet une étude fort intéressante de M. Lee Hagood, parue dans la *General Electric Review*, octobre, novembre et décembre 1912.

Digitized by Google

self-inductions, on peut craindre l'apparition de la résonance. Quoique l'on ait souvent attribué à ce phénomène plus de crimes qu'il n'en a commis, il serait dangereux de nier son importance et avant de conclure à l'emploi de condensateurs d'une puissance inusitée jusqu'ici, il faut, autant que possible, chercher à prévoir les effets qui pourraient en résulter.

Précisons d'abord ce que l'on entend par résonance de courant et résonance de tension. Considérons, figure 6, un circuit composé d'une génératrice à courants alternatifs de self-induction L_1 alimentant une

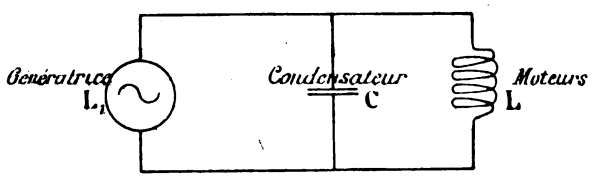


Fig. 6.

capacité C et une self-induction L branchées en parallèle; nous supposerons les résistances ohmiques négligeables, et soit $\omega = 2\pi f$ la pulsation du courant. Si les valeurs de C et de L satisfont à la relation $\omega^2 L C = 1$, L étant quelconque, le courant traversant le condensateur sera à chaque instant égal et de sens contraire au courant traversant la self-induction et, par conséquent, aucun courant ne traversera la génératrice; celle-ci créera donc du courant dans le circuit sans être traversée elle-même par aucun courant. Il y alors résonance de courant entre C et L. Cette résonance de courant ne produit aucun effet nuisible, ni surtension, ni surcourant.

Si nous supposons que la self-induction L soit déconnectée, et qu'entre L_1 et C existe la relation $\omega^2 L_1 C = 1$, le courant prendra une valeur infinie, de même que la tension aux bornes du condensateur et de la génératrice; quoique la force électromotrice induite dans celle-ci soit finie, elle créera un courant infini et une différence de potentiel infinie dans le réseau. Il y a alors résonance de tension entre C et L_1.

Cette résonance de tension peut se produire même lorsque L est en circuit. En effet, le courant traversant L est $\frac{E}{\omega L}$; celui traversant C est $E\omega C$. Si le second est plus grand que le premier, le courant traversant la génératrice sera un courant de capacité (déphasé de 90° en avant sur E) égal à $E\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$, et l'ensemble de L et de C se comportera comme une capacité unique $C_1 = \frac{\omega^2 L C - 1}{\omega^2 L}$. Entre cette capacité C_1 et la self-induction L_1, il peut y avoir résonance si $\omega^2 L_1 C_1 = 1$, c'est-à-dire si $L_1 \frac{\omega^2 L C - 1}{L} = 1$. La résonance de tension peut donc se produire soit si la charge est constituée uniquement par des condensateurs, soit si elle est constituée par des condensateurs branchés en parallèle sur des self-inductions, à la condition que le courant résultant soit déphasé en avant (courant de capacité).

Passant maintenant à l'examen d'un réseau complexe, nous voyons que les condensateurs sont branchés en dérivation sur les moteurs, et les ensembles ainsi formés sont eux-mêmes réunis en parallèle. En fin de compte, tous les condensateurs et toutes les self-inductions sont montés en parallèle et peuvent être remplacés par une self-induction unique équivalente shuntée par un condensateur unique égal à la somme des condensateurs individuels. Si l'installation comporte des transformateurs élévateurs et abaisseurs de tension, leur self-induction sera intercalée en série dans le circuit. Le schéma figure 7 résume cette disposition. L_m représente

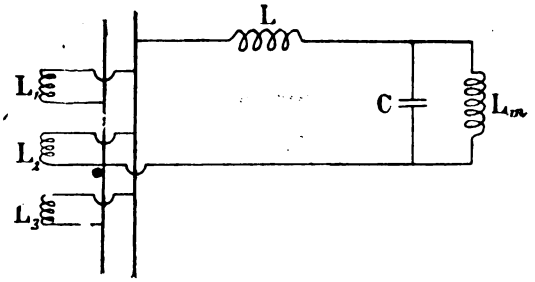


Fig. 7.

la self-induction résultante des moteurs, L celle des transformateurs élévateurs et abaisseurs de tension, L_1, L_2, L_3 la self-induction des diverses génératrices couplées en parallèle sur les barres; C la capacité totale des condensateurs destinés à améliorer le facteur de puissance et de l'ensemble des câbles. Comme nous ne cherchons pas à obtenir un résultat d'une exactitude rigoureuse, mais plutôt à déterminer l'ordre de grandeur de certaines quantités, nous négligerons les résistances ohmiques dont l'influence est ou reste très faible.

Étudions d'abord le cas extrême où tous les moteurs seraient déconnectés et où, par conséquent, $L_m = \infty$, la charge étant uniquement constituée par les condensateurs. Les génératrices travaillant en parallèle ont la même tension aux bornes; si elles sont absolument identiques entre elles, les tensions induites dans chacune d'elles sont égales en grandeur et en phase, et on peut admettre qu'elles se comportent comme une génératrice unique de self-induction L, n fois moindre que la self-induction de chacune des n génératrices considérées. Dès lors, la condition de résonance serait

$$\omega^2(L' + L)C = 1 \quad \text{ou} \quad \omega(L' + L) = \frac{1}{\omega C},$$

en appelant ω la pulsation.

Pour apprécier la valeur de L', rappelons-nous que le courant instantané de court-circuit des alternateurs modernes ne dépasse pas 10 à 15 fois leur courant normal. Si donc I désigne le courant normal total de l'ins-

Digitized by Google

tallation et E la tension aux bornes, nous pouvons écrire que $\omega L'I = \frac{1}{10}$ à $\frac{1}{15} E$. De plus, nous savons que les gros transformateurs pour force motrice se construisent actuellement avec des self-inductions voisines de 5 pour 100, c'est-à-dire que si L représente cette self-induction, nous avons $\omega L I = \frac{1}{20} E$. Dans le cas de deux transformateurs en série, l'induction totale L serait donc

$$L = \frac{1}{10} \frac{E}{\omega I},$$

d'où

$$\omega (L' + L) = \frac{E}{I} \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{10} \right) = \frac{1}{5} \frac{E}{I} \text{ environ.}$$

D'autre part, si $\cos \varphi$ représente le facteur de puissance du réseau avant l'introduction des condensateurs et si nous voulons ramener ce facteur à l'unité, nous aurons à produire un courant réactif égal à $I \sin \varphi$. Pour cela nous devrons employer des condensateurs d'une capacité C telle que

$$I \sin \varphi = E \omega C,$$

d'où

$$\frac{I}{\omega C} = \frac{I}{\sin \varphi} \frac{E}{I}.$$

Pour que la résonance soit à craindre, il faudrait que $\omega (L' + L)$ puisse prendre des valeurs voisines de celle de $\frac{I}{\omega C}$, ce qui n'est évidemment pas à craindre puisque $\sin \varphi$ est au maximum égal à l'unité.

Dans la plupart des cas, les génératrices travaillant en parallèle sont différentes, tant par leur puissance que par leur construction. Les self-inductions L_1, L_2..., etc., sont fort différentes et les forces électromotrices induites E_1, E_2... ne sont égales ni en grandeur ni en phase. Toutefois, on peut démontrer assez simplement, en employant les notations symboliques, que la condition de résonance reste la même. Soient deux alternateurs de self-induction L_1 et L_2 dans lesquels sont induites des forces électromotrices E_1 et E_2 travaillant en parallèle sur une capacité C en série avec une self-induction L. Nous pouvons établir les équations

$$[E_1] = j\omega L_1 [I_1] + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) [I],$$

$$[E_2] = j\omega L_2 [I_2] + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) [I],$$

$$[I] = [I_1] + [I_2].$$

qui conduisent pour les valeurs des courants à

$$[I_1] = j\omega C \frac{([E_2] - [E_1])(\omega^2 LC - 1) - [E_1]\omega^2 LC}{(\omega^2 (L_1 + L) C - 1)(\omega^2 (L_2 + L) C - 1) - (\omega^2 LC - 1)^2},$$

$$[I_2] = j\omega C \frac{([E_1] - [E_2])(\omega^2 LC - 1) - [E_2]\omega^2 LC}{(\omega^2 (L_1 + L) C - 1)(\omega^2 (L_2 + L) C - 1) - (\omega^2 LC - 1)^2},$$

$$[I] = j\omega C \frac{([E_1] + [E_2])\omega^2 LC}{(\omega^2 (L_1 + L) C - 1)(\omega^2 (L_2 + L) C - 1) - (\omega^2 LC - 1)^2}.$$

Il y aura résonance de tension si le dénominateur, commun aux trois expressions ci-dessus, s'annule. Les courants I_1, I_2 et I deviendront alors infinis, de même que la tension aux bornes du condensateur.

Or, ce dénominateur, après développement et réduction, peut se mettre sous la forme

$$\omega^2 C \left(\omega^2 \left(\frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} + L \right) C - 1 \right).$$

Mais $\frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$ représente la self-induction combinée L' des deux alternateurs travaillant en parallèle. La condition de résonance se réduit à

$$\omega^2 (L' + L) C - 1 = 0,$$

où

$$\omega (L' + L) = \frac{1}{\omega C}.$$

Les conclusions précédentes sont donc applicables et $\omega (L' + L)$ est toujours au moins 5 ou 6 fois plus petit que $\frac{1}{\omega C}$; le produit $\omega^2 (L' + L) C$ est inférieur à l'unité et ne dépasse pas $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{6}$. Toute augmentation de $(L + L')$ ou de C rapproche de la limite dangereuse, tandis que toute diminution de ces quantités augmente la sécurité et est favorable. Cette remarque nous permet d'affirmer que le cas que nous venons d'examiner, celui où tous les moteurs sont hors circuit, est bien le plus défavorable au point de vue de la résonance; en effet, si le condensateur est remplacé par l'ensemble d'un condensateur et d'une self-induction en dérivation, cet ensemble agit comme un condensateur de capacité moindre que le condensateur considéré (voir formule ci-dessus), et, par conséquent, la sécurité s'en trouve augmentée.

Il est facile aussi de voir que, si la résonance n'est en général pas à craindre pour la fréquence fondamentale, il peut n'en être pas de même pour les harmoniques de celle-ci. Le produit $\omega^2 (L' + L) C$ est, en général, bien inférieur à l'unité, mais comme ω y entre au carré, une augmentation de ce facteur a beaucoup d'influence. C'est là un point à ne pas perdre de vue si on a affaire à deux courbes de tension s'écartant de la sinusoïde.

Digitized by Google

J'ai parlé plus haut de la résonance de courant ; il est à remarquer que c'est précisément le cas qui se présentera si nous améliorons le facteur de puissance d'une installation jusqu'à l'unité ; il y aura résonance de courant entre les condensateurs et la self-induction des moteurs entre C et L_m.

Surtensions. — Les phénomènes de résonance ne sont pas les seules sources de surtension que l'on rencontre dans les réseaux complexes. Les oscillations libres qui se produisent dans le réseau ou dans une partie de ce réseau à chaque variation de charge peuvent également provoquer des surtensions importantes. Celles-ci proviennent toujours de l'effet condensateur des self-inductions et des capacités ; aussi doit-on examiner à quel résultat on arriverait en renforçant considérablement ces derniers.

Reprenons la figure 6, et supposant que, par suite de l'ouverture d'un interrupteur automatique à huile, la génératrice soit brusquement déconnectée. La self-induction et la capacité C sont alors isolées de la source de force électromotrice, mais comme elles restent connectées l'une avec l'autre en formant un circuit fermé, les quantités d'énergie $\frac{Li^2}{2}$ et $\frac{Ce^2}{2}$ qui y sont accumulées vont provoquer la naissance d'un courant dans ce circuit. Si la résistance est très faible, comme c'est le cas dans l'exemple qui nous occupe, le courant sera oscillatoire, l'énergie passant alternativement du condensateur à la self-induction et réciproquement ; l'oscillation s'éteint lorsque toute l'énergie a été transformée en chaleur dans la résistance ohmique.

Si le condensateur a une capacité considérable, il est évident que les quantités d'énergie en jeu sont grandes, mais il ne s'ensuit pas nécessairement que les surtensions dues au mouvement de cette énergie soient plus considérables. Au contraire, si une self-induction de valeur déterminée, et emmagasinant par conséquent une quantité d'énergie donnée, se décharge dans un condensateur de faible capacité, il y créera une certaine différence de potentiel ; si la même self-induction se décharge dans un condensateur de capacité double, elle y créera une différence de potentiel deux fois moindre. Il semble donc que l'augmentation de la capacité soit plutôt favorable.

Mais, lorsqu'il s'agit de phénomènes aussi complexes, le simple raisonnement laisse toujours un doute dans l'esprit, et seul le calcul peut rendre un compte exact des phénomènes ; il est, du reste, indispensable pour évaluer de façon concrète les surtensions à craindre. Le problème se ramène ici à la décharge d'un condensateur dans une self-induction et je pourrais partir des équations générales connues (1) en les adaptant aux conditions du problème. Mais pour ne pas m'appuyer sur une formule non démontrée, je préfère refaire rapidement le calcul, du reste fort simple, si on suppose la résistance ohmique nulle.

(1) Voir notamment C.-P. Steinmetz. *Theory and calculation of transient electric Phenomena add oscillations*

En considérant le circuit à un instant quelconque de la décharge, nous pouvons écrire que

$$L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i\,dt = 0,$$

ou

$$LC\frac{d^2i}{dt^2} + i = 0,$$

équation différentielle du second ordre admettant comme intégrale générale

$$i = Ae^{mt} + Be^{-mt},$$

avec $m = \sqrt{-\frac{1}{LC}} = ja$; A et B étant des constantes d'intégration déterminées par les conditions aux limites.

Comme m est toujours imaginaire, il faut transformer les fonctions exponentielles en fonctions trigonométriques ; en posant en outre $M = (A + B)$ et $N = (A - B)$, on obtient $I = M \cos at + jN \sin at$.

La force électromotrice e_1 aux bornes du condensateur serait

$$e_1 = -L\frac{di}{dt} = \sqrt{\frac{L}{C}}(M \sin at - jN \cos at).$$

En introduisant la condition $t = 0$, pour laquelle le courant prend la valeur i_0 et la force électromotrice aux bornes, la valeur e_0, on détermine les constantes

$$M = i_0, \quad jN = -e_0\sqrt{\frac{L}{C}},$$

d'où finalement les valeurs de i et de e_1 qui nous intéressent

$$i = i_0 \cos at - e_0\sqrt{\frac{C}{L}}\sin at,$$

$$e_1 = e_0 \cos at + i_0\sqrt{\frac{L}{C}}\sin at.$$

Pour faire apparaître la forme sinusoïdale de e_1, posons

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{\frac{L}{C}}\frac{i_0}{e_0}.$$

Dès lors

$$e_1 = \frac{e_0}{\cos.\alpha}(\cos at \cos \alpha + \sin at \sin \alpha)$$

$$= \frac{e_0}{\cos.\alpha}\cos(at - \alpha).$$

La force électromotrice aux bornes du condensateur

Digitized by Google

est donc simplement sinusoïdale, de pulsation $a=\sqrt{\frac{1}{LC}}$; en réalité, elle devrait contenir un terme exponentiel décroissant représentant l'influence amortissante de la résistance ohmique que nous avons négligée. La valeur trouvée peut être considérée comme représentant, à fort peu de chose près, la première onde de force électromotrice; la valeur maximum de celle-ci sera donc

$$e_{1\max}=\frac{e_0}{\cos\alpha}=e_0\sqrt{i+\frac{L}{C}\frac{i_0^2}{e_0^2}}=\sqrt{\frac{e_0+Li_0^2}{C}}.$$

Il ne faut pas perdre de vue que i_0 et e_0 sont, non pas les valeurs efficaces, mais bien les valeurs instantanées du courant au moment où la rupture se produit. Cette formule permet de calculer très simplement en fonction de quantités connues, la tension maximum créée dans le circuit par le déclanchement de l'interrupteur automatique; elle montre que cette tension est d'autant plus élevée que le courant, au moment du déclanchement, et la self-induction L sont plus grands, mais qu'elle diminue lorsque la capacité augmente, en étant inversement proportionnelle à la racine carrée de celle-ci.

L'introduction d'une grande capacité dans le circuit est donc favorable; toutefois, on pourrait faire l'objection suivante : si nous n'introduisons aucun condensateur, il n'y a pas d'oscillation et peut-être la surtension due à l'ouverture de l'interrupteur serait-elle moindre. D'abord, même si nous n'introduisons aucun condensateur, la capacité des câbles et des enroulements des moteurs et transformateurs existe toujours et la formule ci-dessus reste applicable. Si la capacité était nulle, la formule ne serait plus valable, puisqu'elle conduirait à une tension infinie et que, du reste, le courant ne serait plus oscillatoire; pour évaluer la surtension, il faudrait alors tenir compte et de la résistance ohmique du circuit, dont l'influence est d'autant moins négligeable que la capacité est plus faible, et du temps affecté à la rupture, l'énergie se dissipant alors sous forme de chaleur dans l'étincelle de rupture.

Si, au lieu de l'interrupteur principal, c'est l'interrupteur qui commande les moteurs ayant une self-induction L (fig. 6) qui déclanche, le courant principal subira une brusque variation et une oscillation se produira entre le condensateur C d'une part et la self-induction L des génératrices et des transformateurs, d'autre part.

Supposons que la self-induction L soit brusquement déconnectée. L'équation d'équilibre des forces électromotrices dans le circuit restant sera

$$E\cos(\omega t-\theta_0)=L\frac{di}{dt}+\frac{1}{C}\int i\,dt,$$

qui conduit à l'équation différentielle

$$\omega E\sin(\omega t-\theta_0)+L\frac{d^2i}{dt^2}+\frac{i}{C}=0,$$

dont l'intégrale générale est

$$i=A_1e^{mt}+A_2e^{-mt}+B\cos(\omega t-\gamma),$$

avec

$$m=j\sqrt{\frac{1}{LC}}=ja,$$

d'où

$$i=M\cos.at+jN\sin.at+B\cos.(\omega t-\gamma),$$

avec

$$M=A_1+A_2;\qquad N=A_1-A_2.$$

Pour déterminer B et γ, on introduit cette valeur de i dans l'équation différentielle; on trouve

$$\operatorname{tg}\gamma=-\operatorname{cotg}\theta_0,\qquad B=\frac{-E}{\omega L-\frac{1}{\omega C}},$$

$$\gamma=\theta_0\pm 90^\circ.$$

Remplaçant ces quantités par leurs valeurs

$$i=M\cos.at+jN\sin.at+\frac{E}{\omega L-\frac{1}{\omega C}}\sin(\omega t-\theta_0).$$

Quant à la tension aux bornes du condensateur, elle est donnée par

$$e_1=\frac{1}{C}\int i\,dt=\frac{1}{Ca}(M\sin.at-jN\cos.at)\frac{E}{\omega L-\frac{1}{\omega C}}\cos.(\omega t-\theta_0).$$

Pour déterminer M et N, écrivons que pour $t=0$ le courant et la tension au condensateur prennent respectivement les valeurs i_0 et e_0. Nous trouvons

$$M=i_0+\frac{E\sin.\theta_0}{\omega L-\frac{1}{\omega C}},\qquad jN=\frac{-Ea\cos.\theta_0}{\omega\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)}-e_0ac.$$

En introduisant ces valeurs dans l'expression de e_1, on trouve

$$e_1=\frac{1}{\omega C}\cdot\frac{E}{\omega L-\frac{1}{\omega C}}\cos(\omega t-\theta_0)+e_0\cos at+\frac{i_0}{aC}\sin at+$$
$$+\frac{E}{\omega L-\frac{1}{\omega C}}\left(\frac{1}{aC}\sin\theta_0\sin at-\frac{1}{\omega C}\cos\theta_0\cos at\right).$$

Cette égalité permet de calculer la valeur de e_1, à un moment quelconque après le déclanchement de l'interrupteur, en fonction du courant i_0 et de la tension aux bornes e_0 existant au moment du déclanchement, et des constantes du circuit. La valeur de e_1 se compose de cinq termes dont le premier seul est permanent; les quatre autres sont les termes transitoires représentant la surtension et disparaissant avec le temps : en réalité ils

Digitized by Google

devraient être précédés d'un facteur exponentiel décroissant, mais celui-ci est devenu égal à l'unité parce que nous avons supposé la résistance nulle, ce qui supprime l'amortissement de l'oscillation et transforme les termes transitoires en termes permanents. La fraction $\frac{E}{\omega L - \frac{1}{\omega C}}$ n'est autre que la valeur maximum I_1 du courant traversant le circuit quand le régime est rétabli, et le terme $\frac{1}{\omega C}\frac{E}{\omega L - \frac{1}{\omega C}} = \frac{I_1}{\omega C}$ représente la valeur maximum E_1 de la force électromotrice aux bornes du condensateur à ce même moment. L'expression de e_1 peut donc se mettre sous la forme

$$e_1 = E_1 \cos(\omega t - \theta_0) + e_0 \cos at + \frac{i_0}{aC} \sin at + \\ + I_1 \left(\frac{1}{aC} \sin\theta_0 \sin at - \frac{1}{\omega C} \cos\theta_0 \cos at \right).$$

Le premier terme représente la tension normale ; les quatre derniers expriment la surtension. On peut les diviser en deux groupes : l'un comprenant les deuxième et troisième termes, dont la valeur dépend de i_0 et de e_0, c'est-à-dire de l'état du circuit au moment du déclanchement, et l'autre, comprenant les quatrième et cinquième termes dont la valeur dépend du point de l'onde de force électromotrice où la rupture se produit. En faisant apparaître la forme sinusoïdale, le premier groupe du terme peut s'écrire

$$\sqrt{e^2_0 + \frac{i^2_0 L}{C}} \cos(at - \alpha) \quad \text{avec} \quad \operatorname{tg}\alpha = \frac{i_0}{e_0}\sqrt{\frac{L}{C}},$$

et le second groupe

$$I_1 \sqrt{\frac{\cos^2\theta_0}{\omega^2 C^2} + \frac{L \sin^2\theta_0}{C}} \cos(at + \beta)$$

avec

$$\operatorname{tg}\beta = \omega\sqrt{LC}\operatorname{tg}\theta_0.$$

On voit donc qu'en supposant qu'il n'y ait pas d'amortissement, c'est-à-dire que la résistance soit nulle, la surtension se présente sous la forme de deux ondes sinusoïdales ayant même période $a = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ qui est précisément la période d'oscillation libre du circuit, et décalées l'une par rapport à l'autre d'un angle $\alpha + \beta$. Le maximum possible de la surtension est

$$\sqrt{e^2_0 + \frac{i^2_0 L}{C}} + I_1 \sqrt{\frac{\cos^2\theta_0}{\omega^2 C^2} + \frac{L \sin^2\theta_0}{C}}.$$

La valeur de C n'y entre qu'au dénominateur et, par conséquent, toute augmentation de la capacité diminue les surtensions. Si, au lieu d'envisager la mise hors circuit complète de la self-induction, nous avions considéré une diminution de celle-ci, par suite de la brusque mise hors service d'une partie seulement des moteurs, nous serions arrivé au même résultat.

Condensateurs à diélectrique solide. — Les condensateurs à diélectrique solide n'ont jusqu'ici, à ma connaissance du moins, reçu d'application industrielle qu'en Amérique. La General Electric Company en a étudié un type dont elle a fait quelques applications qui, sans être de bien grande puissance, dépassent les limites d'un essai de laboratoire.

Ces condensateurs sont constitués par des feuilles d'étain collées sur des feuilles d'un papier spécial et réunies en paquets dans des récipients en fer remplis d'huile puis hermétiquement fermés. Chacun des éléments ainsi formés a une puissance apparente d'environ 0,75 kv-a à la fréquence de 50 p : sec et sous une tension de 1 000 v. Ils se construisent pour des tensions allant jusqu'à 3 000 v environ.

Un condensateur de puissance donnée est constitué par un certain nombre de ces éléments placés les uns à côté des autres et supportés par une carcasse métallique sur laquelle sont également fixés les appareils de manœuvre ; les éléments sont groupés en parallèle et protégés chacun par un petit fusible. Un condensateur de 600 kv-a par exemple se compose de 798 éléments et mesure 2,60 m de longueur sur 1,70 m de largeur et 3,15 m de hauteur, le tableau de commande étant placé sur le petit côté. Il pèse environ 5 000 kg dont 3600 pour les condensateurs et le reste pour la carcasse et les appareils de manœuvre. Ces derniers se composent d'un interrupteur à huile automatique à maximum, d'un ampèremètre, d'une résistance en carborundum connectée en dérivation pour décharger la batterie au repos, et d'une petite self-induction en série qui aurait pour effet, d'après le constructeur, d'étouffer les oscillations à haute fréquence qui pourraient se produire.

Des condensateurs analogues peuvent être construits pour toute puissance jusqu'à 1 500 kv-a.

La perte de puissance dans ces condensateurs, exprimée en kilowatts, ne dépasse pas 1 pour 100 de leur puissance apparente en kilovolt-ampères.

Condensateurs à diélectrique liquide (1). — Si l'on plonge dans un électrolyte deux lames métalliques maintenues à une différence de potentiel insuffisante pour vaincre la force contre-électromotrice de l'électrolyte, aucun courant ne traverse celui-ci, mais on constate que les lames métalliques acquièrent l'une par rapport à l'autre une grande capacité que l'on attribue généralement à la formation d'une pellicule gazeuse isolante recouvrant les lames. On constitue ainsi un condensateur à diélectrique liquide.

On peut, à l'aide de ces condensateurs, obtenir des

(1) Tous les renseignements concernant les condensateurs à diélectrique liquide sont extraits du travail déjà cité de M. l'ingénieur Sartori.

Digitized by Google

puissances relativement élevées à des prix admissibles. Cette qualité jointe à une certaine robustesse les a parfois fait choisir pour des applications n'exigeant qu'un service intermittent et des mises sous tension de peu de durée, comme, par exemple, pour provoquer le démarrage des moteurs asynchrones monophasés. Mais en service continu ils présentent de tels inconvénients, du moins sous la plupart des formes connues jusqu'ici, que leur emploi comme générateurs de courant réactif est exclu : ils sont le siège de décharges disruptives courant à la surface du liquide et détériorant les électrodes à leur sortie du bain; les électrodes, généralement en aluminium, se déforment et se perforent; des échauffements irréguliers se produisent et enfin le rendement est déplorable.

Pendant ces dernières années, l'ingénieur italien Colombo est parvenu à améliorer considérablement ces appareils et à supprimer une partie des défauts signalés ci-dessus. Toutefois, d'après les renseignements, peut-être déjà vieillis que je possède, les pertes dans les condensateurs Colombo s'élèveraient encore en kilowatts à 5 pour 100 du nombre de kilovolts-ampères débités et leurs dimensions d'encombrement seraient encore fort considérables.

Quelques petites installations allant jusqu'à 60 kv-A ont été faites en Italie à l'aide de condensateurs Colombo, mais jusqu'à présent il ne semble pas que l'on puisse considérer cet appareil comme industriellement et économiquement applicable en grand. Cependant, les progrès déjà réalisés par M. Colombo sont tels qu'il n'est pas impossible que son condensateur arrive un jour à concurrencer victorieusement les condensateurs secs. C'est pourquoi j'ai jugé utile de signaler ici son existence.

C. — **Comparaison des diverses méthodes.** — Il n'est guère intéressant de comparer les uns avec les autres les procédés d'amélioration du facteur de puissance des deux groupes que j'ai distingués ci-dessus. Ils poursuivent le même but par des voies nettement différentes et le simple examen du problème à résoudre montrera souvent quelle est la voie à suivre. Parfois même, et c'est le cas dans l'exemple que j'étudierai plus loin, l'un des groupes de procédés est exclu.

Je n'entreprendrai pas ici la comparaison entre elles des diverses méthodes consistant en une modification des moteurs synchrones : je n'ai pas eu l'occasion de les étudier en détail et ne pourrais pas discuter en connaissance de cause leurs mérites respectifs.

En ce qui concerne les méthodes du second groupe, condensateur rotatif et condensateur statique, j'ai été amené à les étudier de plus près en vue de leur application à l'amélioration du facteur de puissance des installations de la Société « Force électrique » dont je parlerai plus loin. Avant d'entreprendre cet examen concret, je crois bon de signaler, en me plaçant à divers points de vue, les avantages ou inconvénients des deux procédés en présence.

Frais de premier établissement. — Les frais de premier établissement des condensateurs statiques sont en général notablement supérieurs à ceux des condensateurs synchrones, et la différence est d'autant plus sensible que la puissance apparente des unités est plus élevée. On peut, en effet, considérer le prix par kilovolt-ampère des condensateurs statiques comme indépendant de la puissance de la batterie, tandis que le prix par kilovolt-ampère d'un condensateur synchrone dépend dans une large mesure de sa puissance. La courbe ci-contre (fig. 8), indique cette variation du prix par

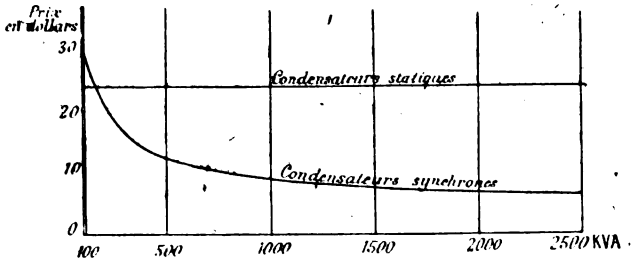


Fig. 8.

kilovolt-ampère des condensateurs synchrones en fonction de leur puissance. Les prix indiqués n'ont en valeur absolue qu'un intérêt très relatif car, actuellement surtout, ils se modifient tellement rapidement qu'ils cessent souvent d'être valables avant que l'offre écrite parvienne au client ; au point de vue relatif cependant la courbe ci-contre reste sensiblement exacte.

Il est difficile, pour les mêmes raisons, de déterminer l'ordonnée de la droite figurant le prix par kilovolt-ampère des condensateurs statiques ; il me semble, cependant, d'après les données que je possède, que cette droite serait placée à peu près comme l'indique la figure 8, c'est-à-dire que le prix du kilovolt-ampère de condensateur statique s'élèverait de 125 fr à 150 fr. Il n'y aurait donc équivalence que pour de très petites unités, 100 kv-A environ. Il faut cependant remarquer que ces prix s'entendent franco usine ; si les frais de transport et de douane sont importants, cela peut diminuer légèrement l'avantage du condensateur synchrone, en général plus lourd ; enfin, les frais de montage et d'installation sont certainement plus élevés pour la machine rotative que pour l'appareil statique.

Frais d'exploitation. — A ce point de vue, le condensateur statique est certainement supérieur à son concurrent; il n'exige aucune surveillance, aucune dépense d'huile ou de matériel quelconque. Le condensateur synchrone, en tant qu'appareil rotatif, exige une surveillance sinon continue, du moins intermittente, mais attentive et fréquente; il faut veiller au graissage, au renouvellement des balais, à l'entretien du collecteur ; des échauffements ou même des grippages de paliers, des décrochages peuvent se produire. Bref, les frais d'exploitation d'un condensateur synchrone sont

Digitized by Google

toujours beaucoup plus élevés que ceux d'un condensateur statique de même puissance apparente, et la différence est d'autant plus forte que cette puissance est moindre.

Les pertes sont également 4 à 5 fois moindres dans le condensateur statique que dans le moteur synchrone. Il y a donc, pour chaque cas donné, une puissance pour laquelle les deux types d'appareils sont également avantageux; cette puissance varie avec les conditions locales: prix de la main-d'œuvre, prix du courant, nombre d'heures de marche annuelle, etc.

Frais d'entretien et d'amortissement. — N'ayant pas encore vu les deux types de condensateurs en exploitation, je ne puis pas me prononcer au sujet des frais d'entretien et d'amortissement. Pour le moteur synchrone, très semblable en somme à un alternateur, on peut admettre que les frais normaux d'entretien sont faibles; ils se bornent normalement à l'entretien des paliers, tournage du collecteur de l'excitatrice, remplacement des balais.

En cas de court-circuit interne, on peut être amené à des réparations importantes, allant depuis le remplacement de quelques sections d'enroulement jusqu'au démontage de toute la machine pour réisoler les tôles d'induits. Au point de vue mécanique tous les accidents habituels des machines rotatives peuvent se produire. Quant à la durée d'amortissement, elle peut varier de cinq à dix ans suivant le nombre d'heures de marche annuelle.

Pour les condensateurs statiques les frais d'entretien semblent être presque nuls; ils doivent se borner au remplacement de quelques éléments de condensateurs lorsque l'un de ceux-ci vient à être percé. Tout dépend, en somme, de la fréquence de ces remplacements. En ce qui concerne la durée d'amortissement le condensateur statique paraît également plus favorable; il n'y a aucune pièce en mouvement, pas d'échauffement appréciable, aucune usure apparente. Bref, il semblerait qu'un tel appareil doit avoir sinon une vie illimitée, du moins fort longue. Toutefois, il ne faut pas se hâter de conclure; tant qu'un appareil n'a pas été pratiquement essayé pendant longtemps, on peut toujours se heurter à de l'imprévu; il se pourrait, par exemple, que le diélectrique soumis à des électrisations de sens contraire continuellement répétées subisse des modifications qui le mettent hors d'usage au bout d'un certain temps. En somme, on ne possède jusqu'ici aucune donnée certaine, et si l'on peut faire des prévisions plus ou moins raisonnées, il serait téméraire de se prononcer de façon catégorique. J'ajouterai cependant encore que, d'après le constructeur, des condensateurs en service depuis plusieurs années déjà ne présentent aucun signe de détérioration ou d'affaiblissement.

Sécurité de marche. — Ici encore le condensateur statique présente de sérieux avantages sur le condensateur synchrone; il est constitué par un très grand nombre d'éléments entièrement distincts pouvant être mis en service ou hors service séparément et protégés individuellement par des fusibles. Le condensateur statique ne peut donc jamais être hors d'état de fonctionner; il peut perdre une partie de sa capacité par suite de la détérioration de quelques éléments, mais cette diminution de puissance n'est que momentanée si on possède des éléments de réserve, le remplacement pouvant se faire très rapidement. Il n'y a donc pas plus lieu de prévoir un condensateur de réserve dans une usine à courant alternatif qu'une batterie d'accumulateurs de réserve dans une centrale à courant continu.

Le condensateur rotatif, au contraire, est à la merci de tous les accidents tant mécaniques qu'électriques qui peuvent survenir à tout appareil analogue, et chacun de ces accidents supprime pour un temps plus ou moins long l'effet utile total du condensateur. Les réparations peuvent être longues et difficiles, exigeant l'envoi sur place de spécialistes, la commande de pièces de rechange que l'on ne peut pas toutes posséder en magasin. Bref, si une cabine de transformation est équipée de telle façon que les transformateurs soient en état de fournir le courant actif seul, l'énergie réactive étant produite par un moteur synchrone, il faut absolument prévoir un moteur synchrone de réserve ou augmenter la puissance des transformateurs.

Répartition dans le réseau. — Les frais d'installation et d'exploitation des moteurs synchrones croissent très rapidement lorsque l'on augmente le fractionnement de la puissance totale installée. On est amené à réduire autant que possible le nombre de centres de production du courant réactif, en les éloignant des récepteurs pour les rapprocher de la centrale. La partie du réseau comprise entre ces centres et les récepteurs, laquelle échappe aux avantages de l'amélioration du facteur de puissance, est donc plus grande que dans le cas où l'emploi de condensateurs statiques permet un fractionnement presque indéfini de la puissance installée.

De plus, le condensateur statique peut être installé dans n'importe quel local, simplement protégé par un grillage, tandis que le moteur synchrone exige un local, sinon spécial, du moins présentant certaines facilités d'accès, d'aérage, d'éclairage, etc.

Conclusions. — On voit que, à presque tous les points de vue, le condensateur statique présente des avantages considérables sur le condensateur synchrone. On peut lui reprocher deux inconvénients :

1° Son prix élevé;

2° Le manque d'expérience que l'on possède à son sujet.

En ce qui concerne le prix, une étude attentive et très complète de chaque cas particulier montrera lequel des deux types de condensateur en présence est le plus économique; tous les avantages exposés ci-dessus peuvent se traduire avec plus ou moins d'exactitude par des chiffres, et le problème une fois mis en équation sera facile à résoudre. C'est la mise en équation qui constitue le travail délicat; il faut étudier chaque élément en

Digitized by Google

particulier et lui assigner une valeur, en faisant l'examen critique de chacune des données employées.

Le risque à courir par l'emploi d'un appareil encore peu répandu est une question moins mathématique, impossible à résoudre par un raisonnement et dans laquelle l'impression personnelle intervient davantage. Il faut évidemment de la prudence, mais pas trop n'en faut, et si un appareil présentant des avantages importants est proposé par une firme sérieuse qui donne certaines garanties, j'estime qu'il y a lieu d'en décider l'application, en procédant progressivement et avec circonspection. En agissant autrement, on se priverait à coup sûr d'une grosse économie probable par crainte d'un risque en somme assez faible.

(*A suivre.*)

F. Scoumanne,
Directeur de la Société « Force électrique », de Bakou.

La purification électrique des gaz

Cet article comporte un historique sommaire des divers procédés auxquels on a industriellement recours pour capter les particules solides ou liquides contenues dans les gaz et entretient les lecteurs du procédé employé à cet effet par la Société de Purification industrielle des Gaz. Aux renseignements généraux sur la captation électrique sont ajoutées des indications sur les appareils de production du courant à haute tension utilisé pour provoquer l'ionisation des particules et leur déplacement dans le champ électrique créé.

I. — **Historique.** — Le problème de la captation des particules solides (poussières) ou liquides (buées), contenues dans l'air et dans les gaz industriels, présente un intérêt technique et économique considérable. De nombreux ingénieurs ont étudié la question et l'ont résolue partiellement par l'emploi de divers procédés dont les principaux sont le filtrage, le lavage, la centrifugation ou l'emploi combiné de ces moyens.

La filtration à travers des tissus en amène l'usure et le colmatage rapides, sans compter les dangers d'incendie. On a imaginé des dispositifs de secouage mécanique coûteux, compliqués et, d'une efficacité médiocre. D'ailleurs, l'attaque des tissus par certains gaz ne permet pas de l'appliquer dans tous les cas.

Le lavage des gaz par barbotage ou pulvérisation ne donne que des résultats incomplets, certaines poussières ne se mouillant presque pas. La séparation des vésicules liquides entraînées est d'ailleurs parfois très difficile.

L'emploi de vapeur détendue, formant buée, donne de meilleurs résultats, mais n'est pas toujours commode.

La centrifugation ne convient que pour des particules de dimensions appréciables.

Un procédé récent, mais qui ne paraît pas avoir encore fait ses preuves, consiste à faire passer les courants gazeux chargés de poussières fines à travers des chutes de sable qui précipiteraient les particules fines.

On a songé alors à soumettre les particules solides ou liquides à l'action d'un champ électrique intense de direction perpendiculaire à la direction du courant gazeux et des particules entraînées afin de les dévier de leur direction primitive et de les évacuer ainsi du courant gazeux.

Hohlfeld, professeur à Leipzig, dès 1824, eut l'idée d'appliquer ce principe à l'abatage des fumées. Il constatait que, si dans une bouteille remplie de fumée on introduit un fil métallique raccordé à une machine à friction, la fumée est précipitée. Guitard, à Londres, en 1854, reprit avec la fumée de tabac des expériences analogues, mais personne à cette époque n'y prêta attention.

Ce ne fut que vers 1884 que simultanément le professeur Oliver Lodge et A.-O. Walker, industriel anglais, d'une part, et le docteur Karl Moeller étudièrent à nouveau la question et prirent respectivement les brevets en août et octobre 1884.

Le professeur Oliver Lodge donna une conférence en 1886 au Royal Institute où il étudia le processus au point de vue scientifique et décrivit une installation industrielle montée en Angleterre par M. Walker, dans son usine à plomb de Dee Bank, avec des machines Wimshurst. Les difficultés inhérentes à l'emploi de ces machines empêcha le procédé de devenir vraiment pratique. Le procédé tomba de nouveau dans l'oubli.

Sir Oliver Lodge paraît néanmoins avoir continué ses recherches et pris un certain nombre de brevets de détail sur la question.

La question fut reprise vers 1905 par certains fabricants d'acide sulfurique de Californie désireux de se débarrasser des buées acides.

M. F.-G. Cottrel fit une série d'expériences avec des transformateurs statiques survolteurs et industrialisa davantage la question. En même temps le professeur R. Kennedy, de l'Université de Pittsburg arrivait à des résultats analogues.

Par suite d'une entente entre eux et un certain nombre d'industriels américains, les procédés furent appliqués dans différentes mines métallurgiques, chimiques et fabriques de ciment. A l'heure actuelle, des installations « américaines », c'est-à-dire gigantesques, fonctionnent et récupèrent chaque année des millions de kilogrammes de produits précédemment perdus. Dans certains cas la captation de fumées ou poussières nuisibles à la santé et

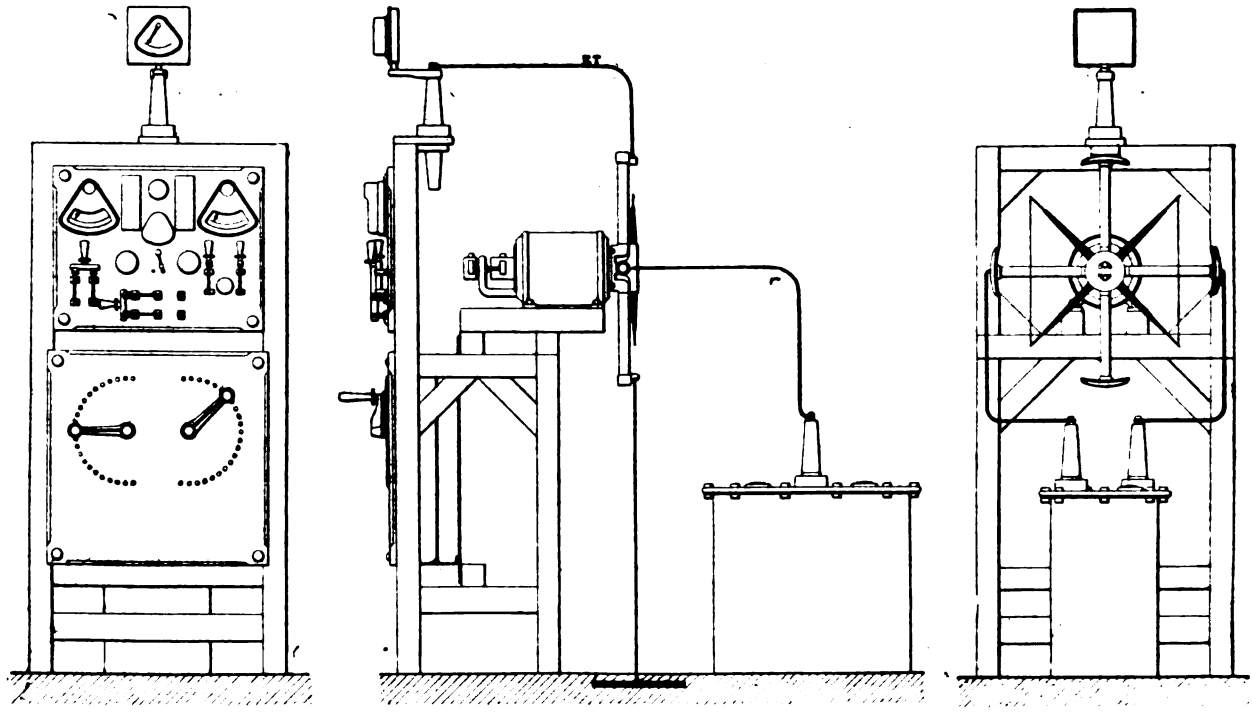
Digitized by Google

à l'agriculture a empêché la fermeture de grandes usines par le gouvernement américain, qui paraît ne pas plaisanter avec les questions d'hygiène industrielle.

De son côté, la Metallgesellschaft, de Francfort, société au capital de 300 millions qui, avant la guerre, régentait en Europe le marché des métaux autres que le fer, prenait en main la question et tentait des efforts pour l'imposer à certaines de nos grandes firmes métallurgiques françaises. Seules, les hostilités empêchèrent cette nouvelle emprise allemande ; néanmoins, en France, la question restait ignorée. De rares coupures d'articles étrangers avaient seules signalé à un public spécial les progrès réalisés.

Cependant, deux ingénieurs français, MM. Lailler et Gallot, étudiaient la question et inventaient une série de perfectionnements qui leur permirent d'obtenir des dispositifs assurant la captation complète des poussières de toutes sortes.

A la suite d'expériences industrielles faites devant une réunion d'ingénieurs et de savants, un groupe de personnalités scientifiques et industrielles notoires, voulant que la France ne fût pas tributaire, une fois de plus, de l'étranger, fondèrent la Société de Purification industrielle des Gaz pour l'application de ces dispositifs français à la précipitation électrique des poussières ou buées.



Vue de face. Vue de profil. Vue en arrière.

Fig. 1. — Redresseur industriel type 1 et transformateur type V. T.

II. — **Description du procédé électrique.** — Le principe sur lequel repose ce procédé est des plus simples : les particules solides ou liquides en suspension dans les gaz à purifier reçoivent une charge électrique et sont soumises à un champ électrique. Elles sont donc soumises à une force qui tend à les déplacer dans la direction du champ électrique. Si le champ est perpendiculaire au sens du courant gazeux, les particules tendent à être entraînées en dehors de ce dernier.

Les effets les plus puissants seront naturellement obtenus par une électrisation intense des particules et par une valeur aussi élevée que possible du champ électrique. Ces deux conditions peuvent être réalisées simultanément par l'utilisation d'un appareil extrêmement simple, constitué par un fil métallique fin placé dans l'axe d'un cylindre conducteur, fil et cylindre étant reliés aux pôles d'une source électrique à haut potentiel.

Pour un potentiel déterminé, on obtient la charge maximum des particules en utilisant un fil aussi fin que possible porté à un potentiel négatif, ce qui correspond aux meilleures conditions d'ionisation.

Pour un diamètre déterminé du cylindre, on obtient le maximum du champ électrique, en utilisant le potentiel maximum. On n'est limité dans cette voie que par la rigidité diélectrique des gaz. Toutefois, on sait que les pressions électriques sont plus élevées aux extrémités du cylindre ; ce sont les points faibles où se manifestent tout d'abord les étincelles disruptives lorsqu'on augmente le potentiel. Un dispositif extrêmement simple, utilisé par la Société pour la Purification industrielle des Gaz, consiste à donner au cylindre un diamètre variable, plus faible au centre qu'aux extrémités,

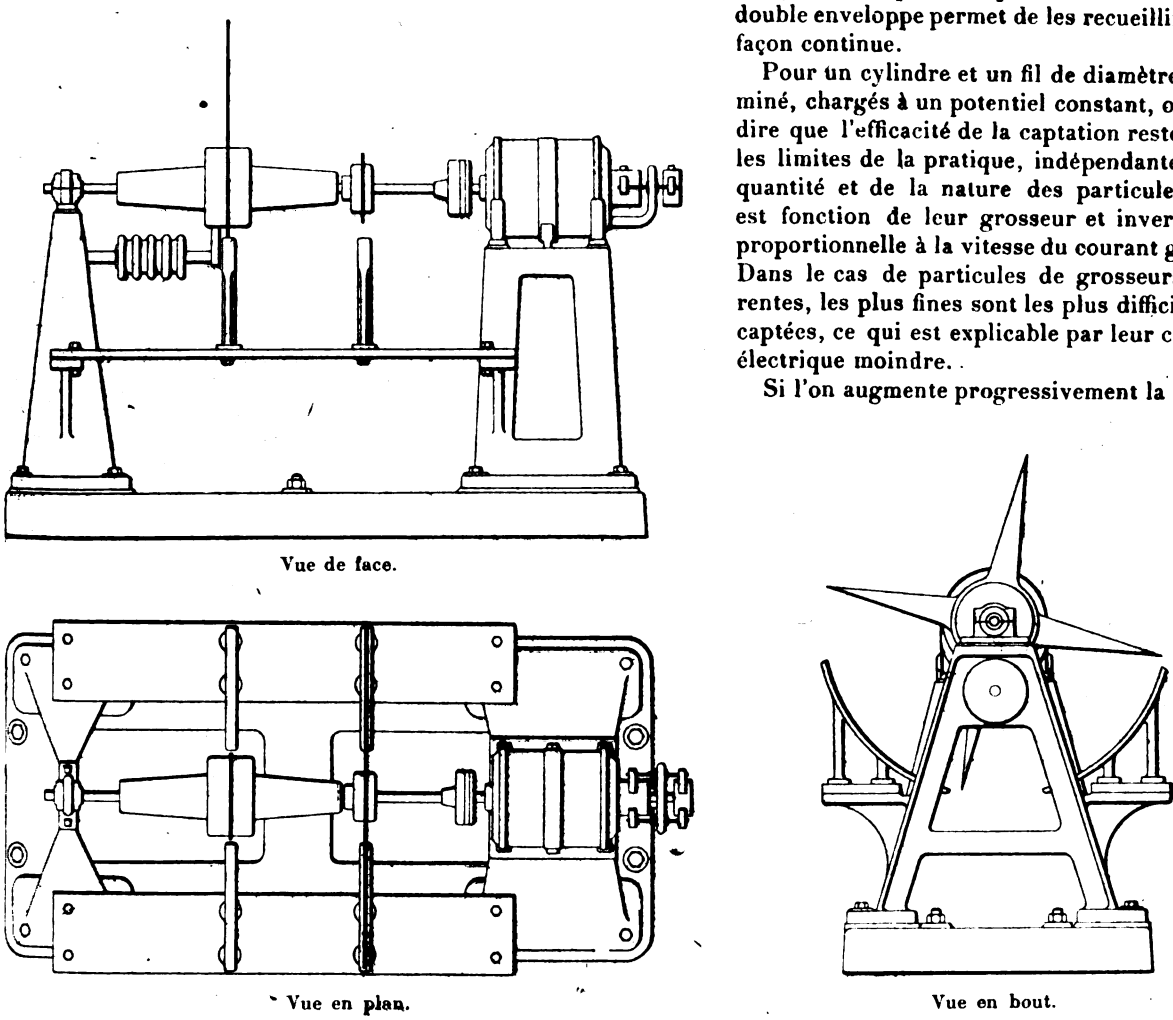
Digitized by Google

de façon à assurer une répartition uniforme de la pression électrique.

Le courant gazeux traverse le cylindre dans sa longueur, les particules qu'il contient, sous l'influence de l'ionisation produite par le fil axial négatif, acquièrent une forte charge électrique, et, comme il existe entre le fil et le cylindre un champ radial intense, elles sont soumises à une force qui tend à les faire mouvoir du centre vers la périphérie. La vitesse qui en résulte, composée avec la vitesse du courant gazeux qui les transporte, produit une résultante oblique qui amène les particules sur les parois du cylindre. Si elles sont liquides, elles adhèrent par capillarité et le liquide capté ruisselle le long des parois. Si elles sont solides, elles restent généralement adhérentes, un léger ébranlement du cylindre suffit à faire tomber de temps à autre celles qui sont déposées. Dans le cas de grandes quantités à récupérer, le cylindre est percé de trous par où les particules peuvent passer librement; une double enveloppe permet de les recueillir d'une façon continue.

Pour un cylindre et un fil de diamètre déterminé, chargés à un potentiel constant, on peut dire que l'efficacité de la captation reste, dans les limites de la pratique, indépendante de la quantité et de la nature des particules; elle est fonction de leur grosseur et inversement proportionnelle à la vitesse du courant gazeux. Dans le cas de particules de grosseurs différentes, les plus fines sont les plus difficilement captées, ce qui est explicable par leur capacité électrique moindre.

Si l'on augmente progressivement la vitesse



Vue de face. Vue en plan. Vue en bout.

Fig. 2. — Redresseur industriel type 2.

du courant gazeux, toutes autres conditions restant identiques, la quantité de particules non captées n'augmente que très lentement, de sorte que, même pour une vitesse double de celle correspondant à la captation intégrale, le rendement de l'appareil est encore excellent. Tout en restant dans les limites pratiques, on peut dire que, toutes choses restant égales, l'efficacité de la captation est proportionnelle à la longueur du cylindre et inversement proportionnelle à la vitesse du courant gazeux.

Naturellement, la nature, l'état hygrométrique, la température des gaz, la nature et l'état des particules modifient dans de grandes limites la différence de potentiel maximum qu'il est possible d'utiliser et, par suite, le rendement même de l'appareil.

Dans chaque cas particulier il conviendra donc de ne choisir les dimensions des appareils définitifs qu'après une suite d'études et d'essais faits sur place dans les conditions même du fonctionnement, sur des appareils élémentaires que l'on reproduira ensuite au nombre d'exemplaires voulu pour traiter la totalité des gaz.

III. — **Production du courant à haute tension.** — Ainsi qu'il est dit précédemment, les meilleures conditions de captation s'obtiennent en utilisant un courant

Digitized by Google

de haute tension de polarité constante, le fil central étant connecté au pôle négatif et l'électrode cylindrique au positif. Dans la pratique industrielle les nécessités de la construction et de l'exploitation imposent la mise à la terre des cylindres, et, par suite, celle du pôle positif de la source, le pôle négatif étant seul isolé pour la tension totale employée.

Dans ses expériences, sir Oliver Lodge avait employé comme source une machine statique. La puissance massique et le rendement de ces appareils sont si faibles qu'il ne faut pas songer à les utiliser autrement que pour des essais de puissance extrêmement réduite.

Les dynamos à courant continu ne pourraient donner les tensions de 50 000 à 100 000 v nécessaires qu'en en couplant plusieurs en série. Il en résulterait un prix d'établissement et une difficulté d'entretien considérables. Le procédé le plus simple et presque toujours employé consiste à utiliser un courant alternatif de fréquence usuelle dont il est facile d'élever la tension par un transformateur approprié et à redresser ce courant de haute tension par un commutateur mécanique simple entraîné par un moteur synchrone.

Les manières dont on peut concevoir un tel redresseur sont nombreuses. Toutefois, si l'on envisage les diverses conditions à remplir, on peut se convaincre que le nombre des solutions pratiques est très restreint. Il faut que le temps de passage du courant soit aussi grand que possible et les isolements largement prévus pour éviter l'amorçage d'arcs de court-circuit. Il convient aussi de réduire au minimum la puissance absorbée par la résistance de l'air et de faire travailler les isolants dans des conditions qui évitent toute déformation.

La courbe du courant redressé ainsi obtenu se présente sous l'aspect de portions de sinusoïdes toujours de même sens, séparées par des intervalles sans courant. Il est intéressant de réduire la durée de ces intervalles au minimum; on ne saurait y parvenir complètement sans risques de court-circuit au redresseur. Il faut remarquer, d'ailleurs, que les portions non utilisées ne comportent que des différences de potentiel relativement basses, et que, par suite, le rendement n'en est pas affecté d'une manière appréciable. D'ailleurs, s'il était nécessaire, il serait facile de brancher aux bornes du courant redressé un condensateur de capacité convenable qui se charge pendant les périodes actives, pour restituer le courant aux temps de repos. C'est là une complication qu'il n'est pas nécessaire d'envisager pour des appareils industriels dont les dimensions peuvent toujours être suffisantes pour obtenir une captation complète.

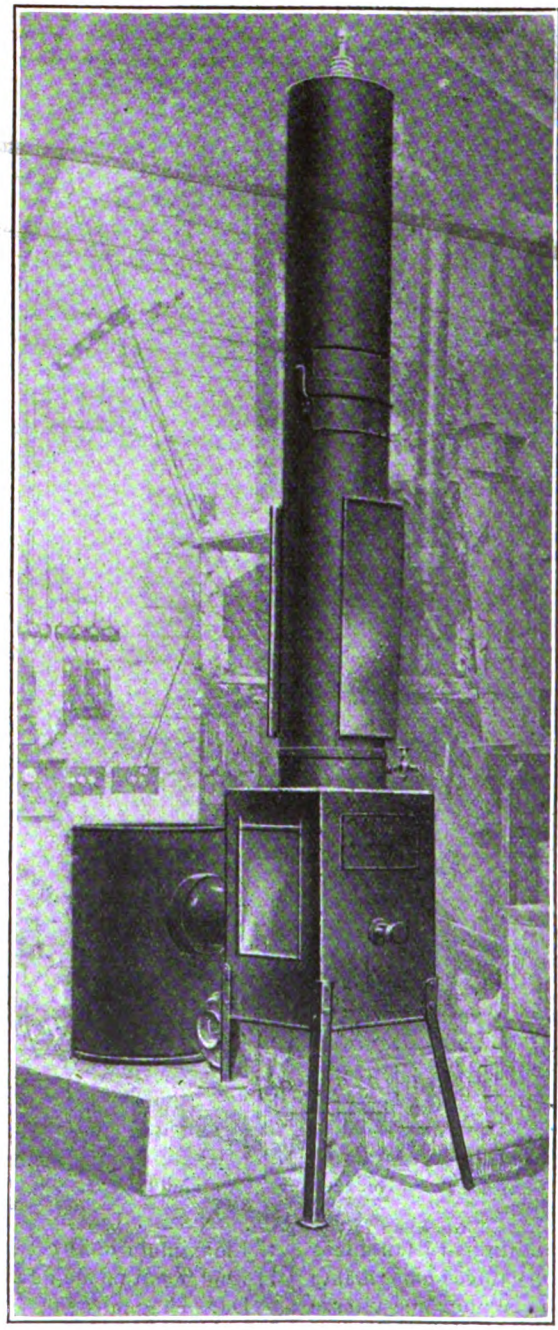


Fig. 3. — Appareil de purification des gaz (modèle à tube vertical).

Pour un type de redresseur la fréquence n'a pas d'influence sensible sur le rendement : le rapport du temps de passage à la durée de la période importe seul.

La Société pour la Purification industrielle des Gaz a établi deux modèles de redresseur qui paraissent devoir réaliser le mieux possible les diverses conditions industrielles.

Le premier modèle est plus spécialement destiné aux petites installations ou plutôt aux essais préliminaires. La figure 1 indique l'aspect général de l'appareil. Le moteur synchrone à quatre pôles supporte une croix fixe à quatre bras isolants munis de secteurs métalliques à leurs extrémités. Un croisillon à quatre branches isolées est calé sur l'arbre du moteur, les contacts fixés à leurs extrémités sont réunis électriquement deux à deux. Les deux secteurs fixes, diamétralement opposés, sont connectés au courant alternatif à haute tension; les deux

Digitized by Google

autres secteurs sont reliés aux appareils d'utilisation. Le courant changeant de sens quatre fois par tour, il est facile de se rendre compte que ces derniers secteurs sont de polarité constante.

Le modèle représenté en figure 2 est d'une puissance de 5 à 10 kv-a. Le moteur synchrone tétrapolaire entraîne un arbre sur lequel sont calées à 90° deux aiguilles diamétrales en acier. L'une d'elles isolée par un manchon d'ébonite est munie d'une bague sur laquelle frotte un balai connecté au pôle négatif des appareils d'utilisation. L'autre aiguille, fixée directement sur l'arbre, assure la liaison du positif à la terre. Deux paires de secteurs fixes calés à 90° sont placées devant les aiguilles et connectées à la source de courant alternatif de haute tension. Le mécanisme du redressement est analogue à celui vu précédemment.

IV. — **Appareil de captation**. — Les appareils de captation doivent être adaptés à la nature et à l'état des gaz et des produits à traiter; leurs formes, leurs dimensions et leurs dispositions sont donc essentiellement variables.

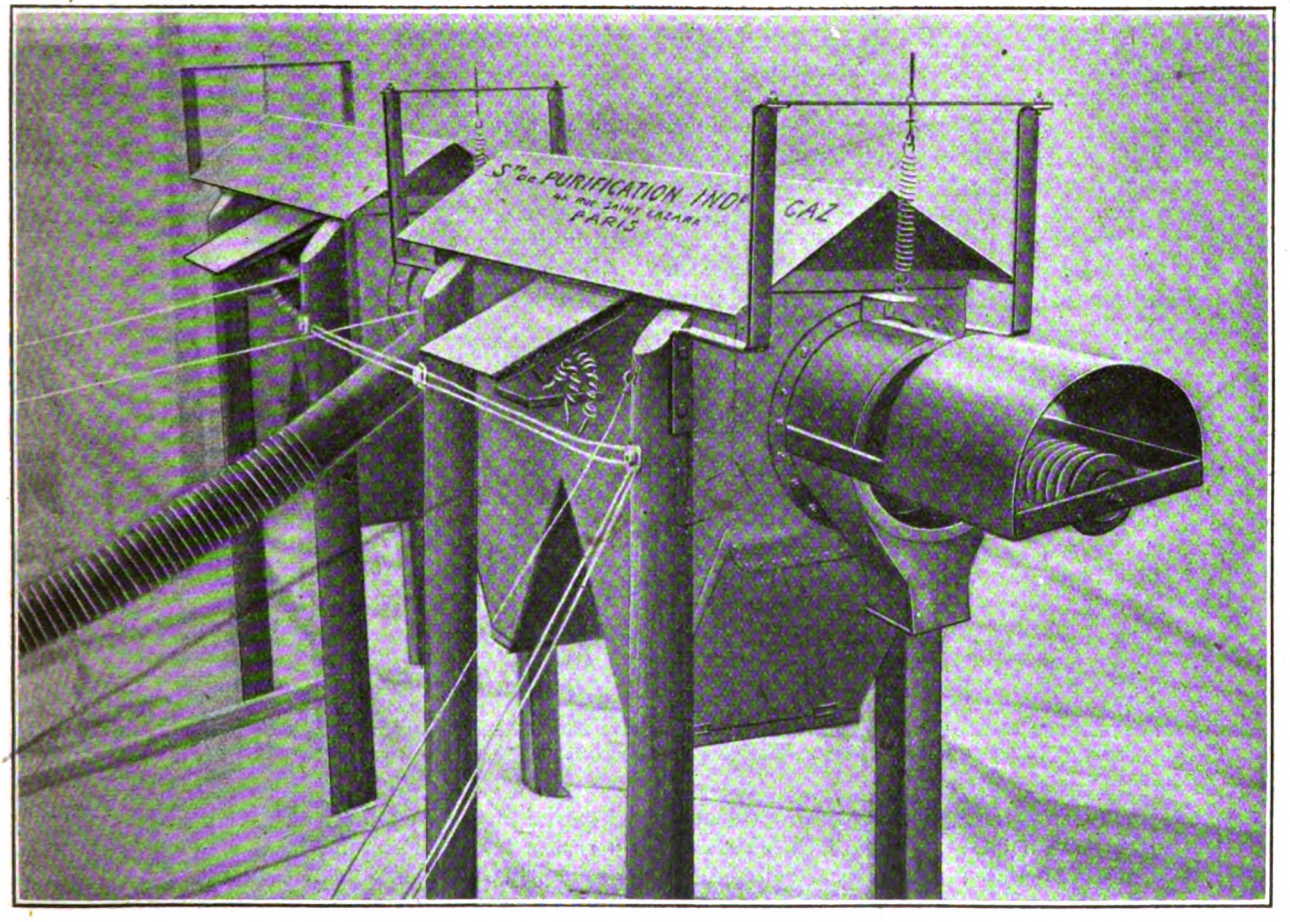


Fig. 4. — Appareil de captation des poussières (modèle à tubes horizontaux).

A titre d'exemple, nous pouvons citer les derniers modèles expérimentés à la station d'essais de la Société pour la Purification industrielle des Gaz, à Pantin.

1° Appareil destiné à la captation des poussières des gaz de grillage des pyrites (fabrication de l'acide sulfurique). Les gaz arrivent dans l'épurateur électrique à une température de 50° environ. Ils sont secs et sans action sur le fer, ce qui a permis d'établir l'appareil tout en tôle (fig. 3).

Les gaz arrivent par la partie inférieure et traversent le cylindre de bas en haut. Les poussières sont projetées au travers des perforations du cylindre intérieur pour venir se rassembler dans l'intervalle existant entre ce dernier et l'enveloppe extérieure. Les gaz sortent purifiés par le collecteur supérieur. Étant donnée la nature du dépôt, qui peut dans certains cas être plus ou moins adhérent, on a prévu tout un dispositif de nettoyage qui permet de faire tomber les matières déposées, même pendant le fonctionnement de l'appareil. Pour un fonctionnement normal cette opération a lieu toutes les vingt-quatre heures au maximum.

On peut remarquer que l'isolateur inférieur maintenant le fil tendu est logé dans un caisson étanche communiquant avec le collecteur inférieur par l'intermé-

Digitized by Google

diaire d'un cylindre concentrique au conducteur. Ce dispositif est destiné à maintenir les surfaces isolantes en parfait état de propreté. En effet, pour arriver jusqu'à l'isolateur, les poussières doivent franchir le cylindre entourant le conducteur, qui constitue un petit élément de captation : les particules en suspension sont donc précipitées sur les parois du cylindre et, par suite, ne peuvent parvenir jusqu'à l'isolateur qui reste toujours en parfait état de propreté.

L'isolateur supérieur, étant dans une zone de gaz purifiés, n'a pas besoin de protection spéciale.

Cet épurateur ne permet que la purification d'une quantité minime de gaz, il n'est qu'un élément d'une batterie qui comporterait autant d'éléments identiques qu'il serait nécessaire pour purifier la totalité des gaz.

L'installation pour l'épuration de la totalité des gaz d'un four habituel comporterait donc un certain nombre d'éléments identiques représentant une dépense d'installation et d'entretien minime, si l'on considère l'importance du résultat obtenu. (Suppression de l'arsenic, de l'antimoine, etc.).

2° Appareil pour la captation des poussières de ciment, plâtre. Cet appareil est destiné à être placé après les chambres de dépôt collectrices des poussières ramassées par les aspirateurs. Ainsi que le représente la figure 4, l'appareil est horizontal, la rentrée des gaz s'effectuant par le milieu, les extrémités débouchent à l'air libre, le fil traverse les cylindres d'une extrémité à l'autre, les isolateurs étant placés au dehors. Les trémies placées en dessous des cylindres horizontaux recueillent les poussières captées.

V. — **Applications.** — Les applications de ce procédé d'épuration des gaz sont innombrables. Parmi celles déjà envisagées, on peut citer :

La purification des gaz de grillage des pyrites, pour les débarrasser des poussières d'arsenic, d'antimoine, nuisibles aux catalyseurs ou introduisant des impuretés dans l'acide sulfurique fabriqué;

La captation des vésicules d'acide sulfurique dans les gaz provenant des tours de concentration;

La captation des oxydes, sulfures, sulfates, etc., provenant du grillage ou du traitement des minerais d'argent, cuivre, plomb, étain, zinc, etc.;

La captation des oxydes des métaux volatils au moment de la fusion;

La purification des gaz provenant des gazogènes, pour utilisation dans les moteurs;

La captation des ciments, plâtres, phosphates, etc., dans la fabrication ou la manutention;

La captation des fumées pour l'assainissement de l'atmosphère des villes.

J. SAGET,
Ingénieur E. P. C.

La téléphonie aux États-Unis

Ainsi qu'il était dit dans notre précédent numéro, une mission composée de MM. Pomey, Bouthillon et Valensi, a été envoyée l'an dernier aux Etats-Unis par l'Administration des Postes, Télégraphes et Téléphones. M. Valensi a résumé les renseignements recueillis par la mission sur la téléphonie, dans une conférence faite à l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes, le 28 septembre dernier et qui a paru dans les « Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones ». Nous reproduisons ci-dessous la première partie de cette conférence.

C'est aux Etats-Unis que le téléphone est né et, depuis son apparition, la téléphonie n'a cessé dans ce pays de croître et de se développer.

Le 1er janvier 1911, il y avait aux États-Unis 7 595 938 abonnés au téléphone. Dans la seule année 1910, 600 246 postes nouveaux avaient été installés, ce qui représente pour le nombre total de postes téléphoniques une croissance annuelle de 8,6 pour 100. En 1911, il y avait aux États-Unis 8,1 postes par 100 habitants.

La guerre européenne ayant été pour l'Amérique une cause d'accroissement énorme de l'activité industrielle et commerciale, le nombre des abonnés au téléphone aux États-Unis doit atteindre actuellement 9 ou 10 millions.

En janvier 1911, la longueur de fil téléphonique posé aux États-Unis atteignait déjà 16 633 59.. miles (1 mile = 1 609 m). Dans la seule année 1910, 9 pour 100 de cette longueur de fil avait été posée (soit 1 383 141 miles).

Le capital total qui avait été dépensé pour l'installation du réseau téléphonique américain était évalué à cette époque à 956 700 000 dollars (1 dollar = 5,65 fr, soit près de 5 milliards de francs.

Le nombre des communications téléphoniques échangées sur ce réseau américain dans la seule année 1911 était environ de 14 500 millions, ce qui donne déjà à cette époque au téléphone le quatrième rang dans l'ordre d'importance des différentes industries américaines, fait remarquable puisque le téléphone n'est entré dans la pratique aux États-Unis que vers 1875.

Seules les industries du fer et de l'acier, du bois, du chauffage et de l'éclairage l'emportent en 1911 sur l'industrie téléphonique au point de vue du capital total engagé et du chiffre annuel d'affaires.

En effet, cet extraordinaire développement du téléphone comme d'ailleurs de tous les moyens électriques de transport de la pensée, est une des choses qui frappent le plus le visiteur aux États-Unis.

Digitized by Google

Dans tous les hôtels américains, il y a un poste téléphonique dans chaque chambre, et un tableau téléphonique desservi par une ou plusieurs opératrices constamment en service. Toutes les maisons de commerce, les magasins, les bureaux de tous genres ont leurs installations téléphoniques souvent très ramifiées à l'intérieur et raccordées au réseau extérieur par plusieurs lignes.

Dans les bureaux américains, où plusieurs dizaines d'employés sont groupés autour de leur directeur dans une vaste salle de travail comme les élèves d'une école autour de leur maître, il y a généralement un poste téléphonique sur chaque table. Et ces postes ne se troublent pas les uns les autres, car ils ont une puissance transmettrice remarquable et l'on peut avec eux, en parlant très bas dans le cornet du microphone, se faire entendre même au bout de très longs circuits. Dans presque tous les endroits publics (stations de métropolitains, gares de chemins de fer, halls de grands magasins ou de buildings, water-closets et lavabos pubics, etc...) des postes téléphoniques à prépaiement permettent aux passants de téléphoner où ils veulent. Ces postes sont quelquefois à l'intérieur de cabines ou simplement posés au mur, groupés ou isolés. Quand ils sont groupés en assez grand nombre (ce que l'on rencontre fréquemment dans les halls des buildings du New-York commerçant ou dans les halls des grands hôtels où les passants sont nombreux), il y a ordinairement une employée à la disposition du public pour donner tous les renseignements désirés : numéros d'appel des abonnés demandés, taxes téléphoniques, etc. mais cette employée se borne à renseigner ceux qui veulent téléphoner ; elle ne prépare aucune communication et ne perçoit aucune taxe.

Le poste téléphonique à prépaiement comporte 3 fentes, analogues à celles des distributeurs automatiques, avec les indications 5 cents, 10 cents, 25 cents et une ouverture par laquelle des pièces peuvent sortir de l'appareil. Les pièces, glissées dans les fentes, heurtent des timbres différents (il y a trois timbres donnant trois sons différents) et ces bruits, en impressionnant le microphone du poste, sont perçus par la téléphoniste du bureau central qui dessert tous les postes à prépaiement raccordés à ce bureau. Cette téléphoniste dispose sur son keyboard d'une clé spéciale à deux positions de travail qui lui permet soit de faire tomber les pièces dans une bourse située à l'intérieur de l'appareil, si la communication s'échange normalement, soit de restituer les pièces à l'abonné en les faisant sortir de l'appareil par l'ouverture spéciale, si la communication n'a pu s'échanger ou si le poste demandé était un poste officiel appelé pour les besoins du service.

Tous ces postes téléphoniques ne servent pas seulement aux communications locales, urbaines ou suburbaines, mais le plus large emploi du téléphone est fait aux États-Unis pour les communications interurbaines. Le régime de ces communications interurbaines ou le « No delay system » est d'ailleurs extrêmement pratique pour l'abonné. En effet, en aucun cas, le délai d'attente pour une communication interurbaine ne peut excéder 10 minutes. Les circuits téléphoniques et les employés qui les desservent sont assez nombreux et restent assez nombreux pour que ce résultat soit toujours atteint. Aussi lorsqu'un poste téléphonique demande une communication interurbaine, il est raccordé à ce central jusqu'à ce qu'il ait obtenu le correspondant qu'il désire.

Le central interurbain peut retenir ainsi l'abonné demandeur car il est sûr de ne pas le retenir plus de 10 minutes sans lui donner satisfaction. D'une part, en effet, les circuits sont en nombre suffisant pour cela ; les câbles téléphoniques pupinisés souterrains et aériens, déjà très développés aux États-Unis et en développement continuel, permettent d'établir entre deux centres quelconques des liaisons téléphoniques nombreuses et en bon état électrique par tous les temps. Mais, d'autre part, le service téléphonique est remarquablement assuré et les opératrices ont un grand rendement. D'abord toutes ces employées sont jeunes et actives : on est frappé, quand on visite l'interurbain de New-York (au Lispenard building) de voir l'extrême jeunesse de toutes les demoiselles téléphonistes (elles semblent toutes avoir de 17 à 25 ans) ; d'autre part, elles sont étroitement surveillées : en dehors des surveillantes de la salle du meuble interurbain, il y a une demi-douzaine de chronométreuses, assises à une table de surveillance spéciale dans un local complètement séparé de la salle du multiple interurbain, qui se portent en écoute sur les différentes communications en cours et qui rédigent des fiches donnant toutes les indications de durée possibles. Des jacks d'écoute et des lampes d'appel et de supervision répétées à ces tables de surveillance permettent à ces chronométreuses d'apprécier l'intervalle de temps séparant deux phases quelconques d'une communication : appel de l'abonné, réponse de la téléphoniste interurbaine, appel du ou des bureaux intermédiaires et du bureau demandé, réponse de ces bureaux, appel de l'abonné demandé, réponse de cet abonné ainsi que toutes les phases de la fin de conversation. Les fiches rédigées à la salle de surveillance portent toutes ces indications en quittant cette salle. Ces fiches servent à établir les primes au rendement qui s'ajoutent au salaire des employées et sont également précieuses pour toutes les statistiques de trafic faites par les bureaux d'études.

Dans le personnel téléphonique des États-Unis, la jeunesse des chefs frappe autant que la jeunesse des employés. Les inspecteurs ou chefs de section du central interurbain qui nous faisaient visiter ce bureau semblaient avoir de 25 à 30 ans ; surtout les ingénieurs de l'American Telephone Co et de la Western Electric Co ont l'air de jeunes gens, bien qu'ils occupent des postes élevés. Certes, les postes de direction supérieure appartiennent, comme il convient, à des hommes d'âge mûr qui, seuls, ont une expérience de la vie suffisante pour trancher d'une façon satisfaisante les questions de personnes, les questions financières, les points de droit administratif ou commercial. Mais au-dessous d'eux une pléiade de jeunes gens actifs assurent d'importants com-

Digitized by Google

mandements et assument, sous la présidence de leurs chefs, de grandes responsabilités.

J'ai eu personnellement l'occasion de voir travailler les ingénieurs de l'American Telephone Co. M. Carty, ingénieur en chef, actuellement major dans le service télégraphique de l'armée américaine, avait été chargé par l'état-major américain de procéder à l'étude du matériel téléphonique dont le corps expéditionnaire des États-Unis aurait besoin dans sa zone d'étape en France. Comme j'avais été depuis le début de la guerre et pendant deux ans et demi officier de liaison pour la télégraphie militaire de deuxième ligne auprès de l'armée anglaise, M. Carty me fit venir dans son bureau, réunit autour de nous les principaux ingénieurs sous ses ordres et se mit à discuter avec eux et moi toutes les conditions du problème téléphonique aux armées. La question m'étant familière et ne réclamant pas toute mon attention, j'eus le loisir d'étudier ainsi les méthodes de travail des ingénieurs américains. Cette conférence, à laquelle je prenais part, est, en effet, la manière générale de traiter une question dans les grandes firmes américaines. Lorsqu'une question nouvelle se présente à l'American Telephone Co par exemple, le directeur réunit chez lui tous ses chefs de service adjoints susceptibles d'être intéressés par cette question ou susceptibles d'aider à la résoudre.

La discussion est tout à fait cordiale, grâce au tact du chef, mais elle est aussi tout à fait fructueuse, car l'autorité qui préside interroge les plus humbles comme les plus élevés avec une bienveillance, une politesse et une considération égales, met tout le monde en confiance, suscite les objections et les remarques de tous, supprime d'un mot les longs palabres inutiles où des esprits têtus s'opposent l'un à l'autre sans vouloir s'entendre, bref met de l'harmonie et de la vie dans ces jeux intellectuels. De telles conférences, qui se terminent toujours par une décision sous forme de circulaire administrative rappellent un peu, en effet, les jeux sportifs qu'une règle ingénieuse et saine coordonne et dont chacun se retire satisfait, plus sain et plus fort qu'auparavant. De même, de ces discussions courtoises et fructueuses, la société commerciale à laquelle tous appartiennent sort grandie et plus puissante et chacun participe à cet accroissement.

Car aucun individualisme vain, aucun désir de gloire vaine n'anime ces ingénieurs. Leurs travaux et leurs recherches restent anonymes : ce sont ceux de l'American Telephone Co. Leurs découvertes, le prix de leurs efforts appartiennent également à cette personne morale, qui est pour eux comme une petite patrie. Dans ces conférences, chacun acquiert nettement le sentiment qu'il n'est rien en lui-même, qu'il est un simple rouage dans une machine très compliquée, qu'il est une des faces d'une grande idée. Il comprend que le progrès, le progrès technique surtout, est le résultat de la collaboration d'efforts multiples dans toutes les directions et en tous sens, bref que le progrès résulte d'une organisation.

M. Carty, avec lequel j'ai eu le plaisir de causer fréquemment et même dans l'intimité de son foyer, m'a dit un jour : « Trois formes d'activité intellectuelle : la science pure, la recherche technique industrielle et l'industrie exploitante constituent le domaine scientifique ou y confinent. Que l'individualisme soit de règle en science pure, rien de plus naturel : les grands savants sont de hardis acrobates qui font des bonds immenses dans le domaine de l'inconnu. Laissons-les bondir à leur aise ; ne les alourdissons d'aucun fardeau.

» Mais en technique industrielle, mais en industrie exploitante proprement dite, l'individualisme est au contraire funeste. L'homme qui croit avoir fait une découverte de quelque valeur scientifique en imaginant par exemple un appareil téléphonique nouveau, ou un nouveau type de tableau téléphonique ou un nouveau mode de construction de lignes, est victime d'une bien grande illusion de sa vanité. Il n'a pas conquis un pouce nouveau de ce vaste territoire que nous nommons « l'Inconnu », il n'a pas porté un pouce plus loin la frontière entre notre connaissance et le mystère qui nous entoure.

» Ces choses n'ont qu'une valeur commerciale et par conséquent aucun nom particulier ne doit y être attaché ; elles appartiennent à la Société commerciale dont leur inventeur fait partie. »

— Cependant, lui fis-je remarquer, à défaut de gloire ou de distinction honorifique, il faut une récompense à celui qui trouve un perfectionnement quelconque pour l'encourager à en chercher d'autres.

— Oui, me dit-il, des primes ou de l'avancement. Parvenir aux hauts grades de l'American Telephone Co est en effet la récompense que les jeunes ingénieurs ou inspecteurs américains sont sûrs d'obtenir comme prix de leurs efforts. Et cela constitue pour eux non seulement une récompense pécuniaire, mais encore un honneur plus grand que celui d'avoir imaginé tel poste téléphonique d'un montage nouveau ou tel type de tableau téléphonique d'un agencement nouveau.

L'avancement au choix, conformément au travail et au mérite est d'ailleurs de règle dans ces sociétés commerciales américaines, et il en est ainsi pour des raisons commerciales. Quand un employé n'a pas une valeur suffisante pour être nommé à un grade supérieur, son avancement est commercialement impossible car il grèverait inutilement les frais généraux sans rien ajouter aux bénéfices. Or l'entreprise doit avant tout rapporter de l'argent. Par contre, si un homme possède des qualités d'intelligence, d'instruction scientifique, de volonté ou d'activité supérieures à celles que demande sa tâche actuelle, s'il n'est pas actuellement utilisé à plein rendement, son chef, dans l'intérêt financier de la Compagnie, dans son intérêt particulier à lui-même, chef, en tant que participant aux bénéfices de la Société, l'élève immédiatement à un grade supérieur où cet homme donnera mieux sa mesure et rapportera plus d'argent à la Compagnie.

Ces préoccupations commerciales règlent non seulement l'avancement des employés, mais se manifestent dans toutes les branches de l'exploitation téléphonique aux États-Unis.

Digitized by Google

La recherche assidue de la clientèle téléphonique en est un des exemples les plus caractéristiques. Des agents spéciaux, dans chacun des bureaux téléphoniques américains, notent les abonnés dont la consommation en téléphone n'est pas en rapport avec leur importance commerciale ou sociale. Ces agents vont trouver ces abonnés, leur disent qu'ils n'utilisent pas le téléphone autant qu'ils devraient le faire, que ce merveilleux outil est susceptible de leur servir beaucoup plus dans leurs affaires; de leur rapporter davantage. Ils leur citent l'exemple de leurs concurrents qui tirent du téléphone un plus grand profit et savent s'en servir mieux et davantage. Cet étroit contact entre la Compagnie et les abonnés, entre le producteur et le client, est à l'avantage de l'un et de l'autre.

Ces quelques idées d'ordre général étant énoncées, l'atmosphère générale de l'organisation téléphonique américaine étant ainsi esquissée, voyons quelle est la structure anatomique de cette organisation.

Le territoire des États-Unis d'Amérique est divisé en huit circonscriptions, d'ailleurs d'étendues inégales; dans chacune de ces circonscriptions fonctionne une compagnie associée ou compagnie d'exploitation (operating division ou associated company) qui établit, développe, entretient et exploite le réseau téléphonique intérieur à cette circonscription.

De l'Est à l'Ouest, ces huit Compagnies portent les noms suivants :

New England Telephone Co : capitale Boston; 2 pour 100 du territoire total des États-Unis; 7 pour 100 des postes téléphoniques; 12 pour 100 des circuits.

Eastern Telephone Co : capitale New-York city; 6 pour 100 du territoire; 27 pour 100 de la population; 23 pour 100 des postes téléphoniques; 30 pour 100 des circuits.

Southern Telephone Co : capitale Atlanta (État de Georgie); 14 pour 100 du territoire; 19 pour 100 de la population; 8 pour 100 des postes téléphoniques et 11 pour 100 des circuits.

Central Telephone Co : capitale Chicago; 8 pour 100 du territoire; 19 pour 100 de la population; 27 pour 100 des postes téléphoniques et 19 pour 100 des circuits.

Northwestern Telephone Co : capitale Omaha, près de Lincoln (État de Nebraska); 12 pour 100 du territoire; 7 pour 100 de la population; 11 pour 100 des postes téléphoniques et 7 pour 100 des circuits.

Southwestern Telephone Co : capitale Saint-Louis (État de Missouri); 17 pour 100 du territoire; 13 pour 100 de la population; 14 pour 100 des postes téléphoniques; 13 pour 100 des circuits.

Mountain Telephone Co, qui s'étend de la frontière canadienne à la frontière mexicaine tout le long des montagnes rocheuses : capitale Denver (État de Colorado); 22 pour 100 du territoire: 3 pour 100 de la population; 2 pour 100 des postes téléphoniques et 3 pour 100 des circuits.

Pacific Telephone Co, qui s'étend tout le long de la côte du Pacifique : capitale San-Francisco (État de Californie); 19 pour 100 du territoire; 5 pour 100 de la population; 8 pour 100 des postes téléphoniques et 5 pour 100 des circuits.

En dehors de ces huit Compagnies associées dont le rôle est strictement territorial, dont l'action ne dépasse pas les limites de leurs territoires respectifs, il y a l'American Telephone and Telegraphe Co (souvent appelée également la Bell Telephone Co) dont la capitale est à New-York et enfin la Western Electric Co.

L'American Telephone Co se compose en réalité de deux sociétés différentes ayant même conseil d'administration.

1° Le Long Lines Department ou Département des longues lignes ou encore Compagnie d'exploitation des grands circuits téléphoniques interurbains d'Amérique. C'est cette Compagnie qui exploite le réseau interurbain général, qui assure la liaison entre les huit Compagnies associées énumérées précédemment.

2° Le Engineering Department qui est, en réalité, un vaste Service d'Etudes et de Recherches techniques qui étudie tous les problèmes téléphoniques possibles, au profit de chacune des Compagnies associées ou au profit du Long Lines Department, qui recherche les perfectionnements qu'on peut apporter dans tous les domaines : amélioration du matériel employé pour la constitution du réseau téléphonique, amélioration des méthodes de construction de lignes ou d'installations de bureaux, amélioration des méthodes d'exploitation du réseau, des méthodes d'entretien du réseau, etc.

L'American Telephone and Telegraph Co rend donc aux Compagnies associées un double service: 1° le Long Lines Department raccorde chacune de ces Compagnies associées au réseau général et assure en quelque sorte leur intercommunication; 2° le Engineering Department met à la disposition des Compagnies associées ses nombreux et éminents ingénieurs pour l'étude de toutes les questions qui les préoccupent; en outre, les Compagnies associées bénéficient de tous les progrès réalisés dans la technique téléphonique par l'Engineering Department grâce aux nombreux circulaires et bulletins techniques que cet Engineering Department leur envoie régulièrement.

En revanche les Compagnies associées paient annuellement à l'American Telephone Co un tribut calculé sur la base suivante : 4 1/2 pour 100 de leurs recettes brutes.

Enfin la Western Electric Co est une Société industrielle fabriquant tout le matériel téléphonique : ses laboratoires sont à New-York et ses usines à Howthorne près de Chicago. C'est elle qui produit tout le matériel téléphonique nécessaire aux Compagnies associées aussi bien qu'à l'American Telephone Co. Les centaines d'ingénieurs de ses laboratoires de New-York sont en liaison étroite avec les centaines d'ingénieurs de l'Engineering Department de l'American Telephone Co, résidant également à New-York. Cette collaboration constante entre savants, ce contact permanent entre le producteur et le consommateur, ont été une source si riche

Digitized by Google

de progrès et de perfectionnements que nous allons en étudier de plus près le mécanisme.

L'Engineering Department actuellement dirigé par M. Carty, ingénieur en chef (Chief Engineer), a pratiquement existé depuis le début de l'industrie téléphonique et a grandi avec elle. En 1911, il comptait 208 ingénieurs ; maintenant leur nombre dépasse 300. Quelques-uns d'entre eux sont des mathématiciens et des physiciens éminents dont le seul rôle est d'étudier les dernières découvertes scientifiques et d'essayer d'en faire profiter la téléphonie.

Voici comment s'exprimait M. Carty au 33e Congrès de la Société des ingénieurs électriciens d'Amérique (American Institute of Electrical Engineers) à Cleveland le 27 juin 1916 en parlant des rapports entre la science pure et la recherche technique industrielle.

« La recherche industrielle, conduite d'après des principes scientifiques, n'est pas une chose nouvelle aux États-Unis. Le département que je dirige, fondé il y a près de quarante ans pour développer, avec l'aide d'hommes scientifiques, l'art du téléphone, n'était au début qu'un petit groupe de chercheurs et est devenu maintenant une grande institution employant des centaines de savants et d'ingénieurs, et tout le monde reconnaît que, si le développement et le perfectionnement de la téléphonie en Amérique ont dépassé de beaucoup les résultats atteints par les autres pays, cela est largement dû à la recherche technique industrielle conduite suivant les principes scientifiques.

» Je considère qu'il est du devoir de tous les savants et de tous les ingénieurs américains de faire comprendre à tous les industriels des États-Unis quelles merveilleuses possibilités d'économie dans leurs fabrications et en même temps d'améliorations de leurs produits leur offrent les découvertes de la science. La recherche industrielle conduite scientifiquement permet de profiter de ces possibilités. Quand les industriels auront compris que la recherche industrielle rapporte, qu'elle paie, ils s'empresseront d'appeler à leur aide les hommes de culture scientifique. Ceux qui seront les premiers à s'assurer les bénéfices d'une telle recherche obtiendront une telle supériorité sur leurs concurrents que nous pouvons prévoir l'époque où les avantages de la recherche scientifique en matière d'industrie deviendront un dogme universel.

» Il y a dans beaucoup d'esprits une confusion entre la recherche scientifique industrielle et la recherche scientifique pure, surtout à cause du fait que la recherche industrielle implique l'utilisation de méthodes scientifiques élevées et exige le haut degré de culture scientifique. La différence entre ces deux recherches n'est pas dans la façon d'opérer mais dans le motif, dans le but du chercheur.

» Lorsque, par exemple, une difficulté nouvelle et inexpliquée se présente dans le fonctionnement d'une lampe électrique, l'ingénieur électricien étudie ce phénomène au moyen de méthodes scientifiques en vue d'améliorer le fonctionnement de cette lampe, de faire disparaître cette difficulté. Le savant, lui, étudie ce même phénomène avec les mêmes méthodes scientifiques, mais simplement afin de comprendre son mécanisme physique, d'en résoudre, d'en expliquer le mystère.

» Le chercheur en science pure peut être comparé à l'explorateur qui découvre de nouveaux continents, des territoires inconnus. Il cherche continuellement à étendre les limites de la connaissance.

» Le chercheur en technique industrielle peut être comparé au pionnier qui parcourt le territoire nouvellement découvert, reconnaît ses ressources minérales, évalue l'étendue de ses forêts, note l'emplacement de ses terres cultivables, qui en un mot prépare l'occupation et l'exploitation du pays nouveau. »

C'est suivant ces principes, éloquemment exprimés par leur directeur, M. Carty, que l'Engineering Department procède à tous les travaux et recherches techniques concernant la téléphonie.

Les ingénieurs de ce department sont en contact étroit et permanent avec tous les ingénieurs et chefs de service des compagnies associées, par des visites réciproques, par une correspondance continue, par l'envoi systématique de toutes les statistiques, de tous les rapports, cahiers des charges, circulaires, spécifications, bulletins de toutes sortes.

Le but de l'Engineering Department, en maintenant ce contact intime avec les compagnies associées, est de se rendre compte avec exactitude des difficultés particulières et des conditions spéciales que chaque localité présente. Si un problème nouveau se pose dans le territoire d'une compagnie associée, problème exigeant l'étude d'un nouveau « standard », c'est-à-dire d'un nouveau procédé d'exploitation ou d'un nouvel appareil, on commence par se placer exactement au point de vue local et par apprécier avec soin les idées et propositions de ceux qui ont les premiers rencontré la difficulté nouvelle. Ensuite on fait une enquête sur le même sujet auprès des autres compagnies associées, on consulte dans les archives conservées à l'Engineering Department tout ce qui se rapporte de près ou de loin à cette question, renseignements provenant soit de l'expérience américaine, soit des sources étrangères les plus variées.

L'objet de cette étude préliminaire est de déterminer avec précision et exactitude les besoins réels que comporte la situation nouvelle, bref de définir les conditions du problème à étudier, une question ne pouvant être résolue qu'après avoir été clairement posée.

Cela fait, les ingénieurs spécialisés dans la branche ou les branches que ce problème intéresse se mettent à l'œuvre pour le résoudre en imaginant la meilleure méthode d'exploitation ou le meilleur appareil répondant aux besoins nouveaux.

S'il s'agit de créer un appareil nouveau, l'Engineering Department de l'American Telephone fait appel aux laboratoires de la Western Electric Co auxquels il indique les résultats que l'appareil nouveau doit permettre d'atteindre, les fonctions qu'il doit remplir et le prix maximum qu'il peut coûter. En cours de recher-

Digitized by Google

ches, les ingénieurs de la Western communiquent au jour le jour le résultat de leurs travaux aux ingénieurs de l'Engineering Department. Lorsqu'on est parvenu, grâce à cette collaboration étroite, à un type d'appareil satisfaisant à la fois l'American Telephone Co et la Western Electric Co, on le présente pour avis à la compagnie associée qui a posé la première le problème et à d'autres compagnies si cela est utile. Si des expériences sont nécessaires, on procède une fois pour toutes, sous la direction de l'Engineering Department, à l'essai systématique de cet appareil nouveau dans une partie choisie spécialement du réseau téléphonique des États-Unis.

Ces expériences sont suivies avec soin par les ingénieurs de l'Engineering Department et par ceux de la Western Electric qui ont étudié et créé l'appareil nouveau. Par leurs conseils et leurs explications détaillées, ces ingénieurs éduquent et persuadent au cours de ces essais le personnel, naturellement réfractaire à tout changement d'habitudes. Et bien souvent le succès d'expériences a été dû en grande partie à ce contact entre ingénieurs et agents de l'exploitation, à leur collaboration active et courtoise à une même œuvre de progrès.

Lorsque de telles expériences ont été jugées concluantes et que l'appareil nouveau a reçu l'approbation de tous, on le standardise, c'est-à-dire on en fait un type modèle qui sera fabriqué en série par la Western Electric Co, dont le montage et les conditions d'emploi seront décrits dans une circulaire ou bulletin envoyé à toutes les Compagnies associées, répandues dans l'Amérique entière.

Ces travaux de standardisation donnent une idée assez précise des rapports entre les ingénieurs de la Western Electric Co, ceux des Compagnies associées et ceux de l'Engineering Department de l'American Telephone Co, ces derniers constituant un véritable état-major général technique qui contrôle et dirige les travaux techniques de tous les autres.

Le Service des Études de l'American Telephone ne s'occupe pas seulement de la standardisation des appareils nouveaux mais aussi de l'étude, du développement de la standardisation des méthodes d'exploitation, des méthodes suivant lesquelles le trafic téléphonique doit être réglé.

Ces études relevant à la fois de la technique et de l'administration, les ingénieurs qui y procèdent sont en relations particulièrement étroites et suivies avec les différents chefs de service des Compagnies associées et du département des longues lignes.

Cet Engineering Department s'occupe aussi dans une large mesure des troubles produits sur les lignes téléphoniques par les décharges atmosphériques, par les fils de haute tension (éclairage ou transport de force) tant au point de vue des contacts que de l'induction.

Le Department s'occupe également d'études théoriques sur la transmission des courants téléphoniques, études mathématiques qui, depuis les travaux de Pupin, de Heaviside, de Vaschy, de Campbell, de Fleeming, de Breisig et de tant d'autres, ont atteint un développement remarquable et ont conduit aux plus intéressantes découvertes. Les études de transmission portent non seulement sur les circuits interurbains ou suburbains, mais encore sur les lignes auxiliaires, sur les lignes d'abonnés, sur les montages des tableaux téléphoniques, des postes d'abonnés, bref sur tous les éléments du réseau téléphonique. Ces études ont atteint une si grande précision que les notions d'affaiblissement et d'équivalent de transmission sont entrées définitivement dans la pratique américaine et ces termes ont maintenant, pour les plus humbles employés des Compagnies d'exploitation, une signification précise. C'est ce service d'études de transmission téléphonique qui vient d'étudier et de mettre au point le relais téléphonique, appareil qui permet d'accroître d'une façon si remarquable la portée des communications téléphoniques et de réduire la quantité de cuivre employée dans l'établissement des circuits.

L'Engineering Department s'occupe également des méthodes de construction de lignes (lignes aériennes en fil nu, lignes aériennes en câble sous plomb, très répandues en Amérique et destinées à se répandre davantage encore, lignes souterraines en câble) ainsi que des méthodes d'installation de bureaux téléphoniques.

Une section spéciale se consacre aux études de développement du réseau (development studies). Bien que cette question soit avant tout d'ordre commercial et administratif, elle a tant de points de contact avec la technique téléphonique qu'elle doit être traitée par des hommes ayant à la fois une haute culture technique et l'expérience et l'entente des affaires. Les ingénieurs américains de cette section de l'Engineering Staff étudient la croissance et le développement de toutes les villes des États-Unis, depuis leur naissance, et, à la lumière de leur passé, font des prévisions pour leur avenir. Ils discutent ces prévisions avec les Compagnies associées qui ont ces villes dans leurs territoires et élargissent ainsi les vues des directeurs de ces Compagnies associées en leur montrant, par des comparaisons avec d'autres villes des États-Unis ou de l'étranger, un point de vue différent du leur, en dégageant leur esprit des contingences locales qui parfois conduisent à un enthousiasme irréfléchi ou à un pessimisme injustifié. Supposons qu'il s'agisse par exemple du réseau téléphonique urbain souterrain d'une ville américaine. Quand on place une conduite souterraine nouvelle, ce n'est pas seulement pour les besoins du moment, car ces besoins se renouvelleront peut-être plusieurs fois dans un avenir prochain et l'on ne peut se permettre de creuser chaque année le sol des rues. Quand on ouvre des tranchées, il faut donc prévoir non seulement les besoins immédiats mais les besoins probables de l'avenir. On pourrait évidemment, en enterrant une quantité suffisante de grès, de ciment ou de fer, ainsi que de cuivre et de plomb, établir suffisamment de disponibilité pour faire face aux besoins d'un siècle ou de deux, quelque grands que ces besoins puissent devenir, mais cette immobilisation de capitaux improductifs pendant cinquante ou cent ans serait un poids bien

Digitized by Google

lourd pour les abonnés d'aujourd'hui. Par contre, si l'on ne ménage pas un nombre suffisant de conduites, la génération actuelle d'abonnés au téléphone devra payer chaque année, ou tous les deux ou trois ans, les frais excessifs de l'ouverture et de la fermeture des tranchées et le public souffrira chaque fois de l'encombrement causé dans les rues par les travaux de terrassement. Ces études de développement de réseau ont donc une importance commerciale énorme : si elles sont bien conduites, il en résultera de grandes économies; si elles sont mal faites, elles peuvent être la cause d'erreurs très onéreuses.

Les Américains ne sont pas d'avis que les études techniques ou technico-économiques et, en particulier, ces études de développement, puissent être menées avec succès par les ingénieurs des Compagnies associées, des Compagnies d'exploitation. Ces ingénieurs doivent s'occuper surtout des travaux immédiats de leur Société, des travaux de cette année et de l'année prochaine. Ils ont à construire, à exploiter, à entretenir. Ils doivent traiter des milliers de questions d'ordre pratique, s'occuper de milliers de petits détails particuliers: travaux de construction ou d'installation en cours ; relève des dérangements, etc... Et l'expérience, pensent les Américains, a montré que la pratique des affaires et la haute recherche scientifique ne vont pas ensemble. Ils pensent que l'on doit séparer, d'un côté, la recherche expérimentale et mathématique des laboratoires et services d'études et, d'autre part, les travaux administratifs et la technique appliquée, the pratical engineering, c'est-à-dire l'exercice pratique du métier d'ingénieur,

C'est pourquoi la détermination et la standardisation du meilleur appareil ou de la meilleure méthode d'exploitation, ou des procédés les plus économiques de construction, ainsi que tous les grands projets de développement de réseaux téléphoniques de toute nature sont faits par l'Engineering Department ou Service d'Études et de Recherches techniques de l'American Telephone Co qui concentre les renseignements provenant de toutes les sources possibles, non seulement des Compagnies associées américaines, mais encore de toutes les sociétés ou administrations étrangères, qui étudie les brevets pris dans le monde entier, et consulte et conserve dans ses archives les mémoires scientifiques, les publications techniques de toutes natures, les statistiques de toutes sortes, de même qu'il étudie les fluctuations des marchés commerciaux (marchés du bois, du fer, du cuivre, du plomb, etc...), l'évolution de toutes les industries ayant un rapport quelconque avec le téléphone, et même les tarifs du fret maritime et fluvial. Ce service a des représentants dans tous les pays d'Europe, et aussitôt qu'un développement téléphonique nouveau y apparaît, même sous forme d'un entrefilet dans un journal quotidien, une enquête est faite pour le compte de l'American Telephone Co qui se trouve ainsi immédiatement renseignée.

Voilà donc, dans ses grandes lignes, la remarquable organisation du téléphone aux États-Unis, avec ses deux caractères principaux: le caractère scientifique et le caractère commercial. C'est grâce à cette organisation que le pays dans lequel est né le téléphone a su conserver le premier rang en téléphonie en mettant au point chaque année de nouveaux perfectionnements.

(*A suivre.*)

G. VALENSI,
Ingénieur des Télégraphes

Notes pratiques

Etayage de poteaux en espace limité (1). — C'est le procédé employé par une Compagnie de distribution de Pennsylvanie. La figure 1 représente l'étayage d'un poteau situé à un angle aigu de la ligne, et où il fut impossible d'étançonner à la manière habituelle. Le genou est fixé approximativement au milieu entre le sol et le point d'attache des câbles au poteau. On emploie deux étais métalliques. L'un M est ancré au rouleau B scellé dans la même couche de béton que le poteau ; il empêche simplement le poteau de se courber. L'autre N joue le rôle d'étançon latéral puisqu'il est ancré au rouleau A scellé dans un bâti entièrement indépendant du poteau. — La figure 2 se rapporte à l'étayage d'un poteau d'angle dont les étançons latéraux primitifs durent être enlevés de la propriété où ils étaient enfoncés. La ligne étant un circuit important à haute tension, le service ne pouvait être interrompu. Le poteau fut étançonné provisoirement et des tranchées furent creusées pour recevoir les rouleaux représentés dans la coupe B-B. Les rouleaux furent enterrés munis de leurs câbles ancrés ; après que les étançons eurent été montés entre le genou et les câbles, ceux-ci furent tendus au moyen des tendeurs représentés sur la figure, et les étançons temporaires purent être enlevés.

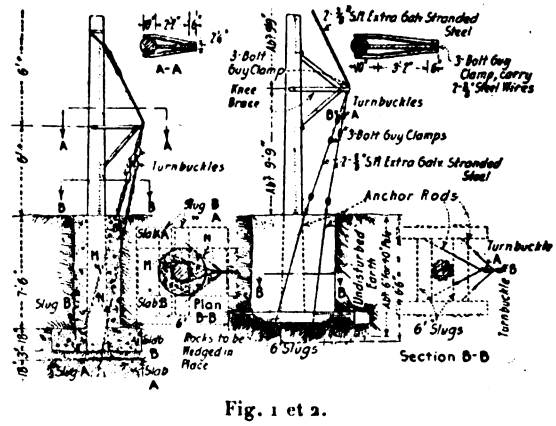


Fig. 1 et 2.

Turnbuckles, tendeurs; Slug, rouleau d'ancrage; Slab, dalle en béton; Stranded Steel, acier toronné; Knee, genou; 6', 6 pieds, 1,80 m; 2 1/4", 2.25 pouces, 5,7 cm.

(1) H.-B. SWEENEY. *Electrical World*, 24 mars 1917, t. LXIX, p. 563, 150 mots, 2 fig.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Etablissements Paz et Silva.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 12 DÉCEMBRE 1917.

La Société a par suite de la guerre été arrêtée dans l'exploitation des motifs lumineux, de plus ces appareils s'abîment et des dépenses importantes seront nécessaires pour leur remise en état. La fabrication des piles et boitiers créée en 1915 a été développée, de même que la fabrication des lampes.

La Société n'a pas augmenté sensiblement le chiffre de bénéfice malgré l'augmentation des affaires par suite de la hausse des matières premières, de la main-d'œuvre et des frais généraux. L'assemblée décide de le reporter à nouveau comme au dernier exercice.

Les bénéfices nets sont de 14 453,64 fr, auxquels il faut ajouter le report bénéficiaire de l'année précédente, 24 730,20 fr, le solde de l'exercice sera donc de 39 183,84 fr.

BILAN AU 30 JUIN 1917.

Actif.

	fr
Espèces en caisse et en banques	101 590,64
Portefeuille-titres	255 377,50
Créances, dépôt, cautionnements	852 716,73
Marchandises générales	2 019 750,30
Fonds de commerce	500 0 0 »
Frais de constitution	1 »
Clientèle apports	73 340 »
Matériel de location	174 466,78
Construction de Sainte-Anne (amortie)	9 625 »
Installation, mobilier, etc	5 »
Machines et matériel P.B.A	32 470,05
Propriété Saint-Charles	316 462 »
	4 335 805 »

Passif.

	fr
Capital	2 500 000 »
Réserve légale	99 949,34
Réserve extraordinaire	250 135,76
Portefeuille	30 000 »
Réserve pour créances sous moratorium	100 000 »
Amortissements :	
Sur fonds de commerce	269 228,75
Sur matériel d'illumination	139 141,08
Sur constructions Saint-Charles	39 617,30
Créditeurs divers	868 548,93
Solde bénéficiaire au 30 juin 1916	24 730,20
Bénéfice net de l'exercice	14 453,64
	4 335 805 »

Oxhydrique française.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 15 DÉCEMBRE 1917.

La Société n'a travaillé cette année qu'avec ses deux usines de Villeurbanne et de Beauval.

L'usine de Malakoff n'a commencé à fonctionner que le 5 novembre. La Société se propose d'augmenter ses fabrications et d'employer de nouveaux procédés.

Le solde bénéficiaire est de 902 755 fr. Après d'importants prélèvements d'amortissement et de réserves, le dividende a été fixé à 10 fr par action.

Une somme de 4836 fr a été portée au compte de « stabilisation de dividendes » qui se trouve porté à 60 000 fr.

Ce fonds a été créé pour éviter une trop forte taxation de guerre.

Schneider et Cie.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 30 NOVEMBRE 1917.

L'assemblée générale a décidé de donner un dividende de 100 fr par actions payables par moitié au 15 décembre 1917 et au 15 juin 1918.

Il a été procédé au sixième tirage de 1300 obligations remboursables le 2 janvier 1918.

BILAN AU 30 AVRIL 1917.

Actif.

	fr
Immeubles, matériel et constructions	29 000 000 »
Valeurs diverses	38 473 292,32
Approvisionnements, marchandises en magasins et en cours de fabrication	63 387 125,30
Opérations de crédit garanties	28 525 000 »
Débiteurs pour marchandises et divers	369 521 949,50
	528 907 367,12

Passif.

	fr
Capital social	36 000 000 »
Réserves diverses et prime d'émission	53 622 871,18
Obligations 4 pour 100	27 100 000 »
Opérations de crédit garanties	28 525 000 »
Fournisseurs et créanciers divers	359 753 003,11
Comptes de dépôts de fonds et d'épargne	12 342 377,64
Profits et pertes	11 248 155,20
	528 591 407,13

Est-Lumière.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 29 DÉCEMBRE 1917.

Durant l'exercice 1916-1917, la Société a continué à se développer, mais le prix élevé du charbon et l'usure du matériel ont rendu l'exploitation onéreuse. Le nombre d'abonnés augmentant, la puissance indispensable a été demandée aux stations centrales voisines, ces usines ont elles-mêmes éprouvé des difficultés et n'ont pu fournir toujours régulièrement le courant.

Pour remédier à cet état de choses, de nouvelles chaudières de 25000 kg de vapeur à l'heure ont été commandées, elles seront mises en service à la fin du printemps.

La Société a décidé de reprendre les projets d'agrandis-

Digitized by Google

sement de 1914, la principale installation comportera une turbine de grande puissance et une chaufferie pouvant fournir 30 000 kg de vapeur par heure.

Afin de compenser la perte éprouvée par la hausse du combustible, la Société a obtenu de la grande industrie que le prix de vente du kilowatt-heure varie avec celui du charbon; pour la petite clientèle des négociations sont entamées avec les 25 communes desservies par elle afin de majorer provisoirement les tarifs.

Le nombre des polices au 30 juin 1917 était de 60 259, dont 798 nouvelles, représentant 539 000 lampes et une force motrice de 28873 kw.

Les recettes d'exploitation se sont élevées à 10 769 142,31 fr contre 7 103 209,01 fr en 1915-1916, soit une augmentation de 3 665 933,30 fr.

Le montant des dépenses est de 11 160 393,55 fr contre 6 831 724,03 fr, soit une augmentation de 4 328 669,52 fr.

Les résultats de l'exercice présentent donc une perte de 391 251,24 fr; en 1915-1916 le solde bénéficiaire était de 270 484,98 fr, c'est donc une diminution de 661 736,22 fr.

BILAN AU 30 JUIN 1917.

Actif.

	fr
Usine centrale	8 372 594,45
Réseaux	13 139 831,42
Feeders	5 666 365,93
Frais de constitution et de premier établissement	2 »
A reporter	27 178 793 80
Report	27 178 793 80
Marchandises générales	478 677,61
Cautionnements aux communes	78 880,40
Caisses et banques	517 338,10
Débiteurs divers	2 310 706,56
Titres en portefeuille	433 750 »
Comptes divers et primes de remboursement	403 252 »
Solde débiteur de l'exercice 1916-1917	1 421 189,89
	32 822 588,36

Passif.

	fr
Capital actions	10 000 000 »
Réserve légale	903 351,68
Réserve spéciale	746 582,07
Compte d'amortissement	5 421 811,89
Obligations 4 1/2 pour 100	6 533 000 »
Obligations 5 pour 100	3 830 000 »
Dépôts de garantie des abonnés	591 019,70
Effets à payer	819 464,78
Créditeurs divers	2 803 987,46
Actions. Coupons échus restant à payer	11 531,89
Obligations. Coupons échus restant à payer	220 138,89
Obligations sorties à rembourser	941 700 »
	32 822 588,36

Usines métallurgiques de la Basse-Loire.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 7 JANVIER 1918.

Le compte rendu de cette assemblée a été publié dans la « R. G. E. » du 26 janvier, p. 156; par suite d'une erreur provenant d'un titre incomplet cette assemblée a été attribuée à l'Energie électrique de la Basse-Loire.

Revues, analyses et informations

Les marques de fabrique en Suisse.

Nous lisons dans le « Bulletin de la Chambre de Commerce française de Genève » du 20 novembre 1917 :

Notre Compagnie s'est, à diverses reprises, préoccupée de la question des *marques de fabrique* et a toujours soutenu la nécessité d'arriver à sa réglementation par voie d'un accord entre les pays ayant à se défendre contre les procédés d'infiltration de nos ennemis, et notamment des Allemands, au moyen de marques ou de dénominations dissimulant la véritable origine de leurs produits.

Le gouvernement fédéral a, par son ordonnance du 21 novembre 1916, posé un jalon sérieux dans le but d'endiguer l'usage abusif de noms suisses par des commerçants ou des industriels étrangers peu scrupuleux.

Aucun commerçant, ni aucun industriel soucieux de sa bonne renommée ne trouvera à y redire.

Nous croyons donc, après la « Nouvelle Gazette de Zurich » et le « Journal de Genève », devoir signaler la mesure prise par le Département fédéral de justice et police qui a ordonné la radiation d'office de plusieurs marques de fabrique abusivement déposées.

Ces marques sont :

Helvetia : Carl Landstrom, à Berlin.

Tell-Gummi : Ferd. Maru et Cie, à Hanovre.

Tell : Hannsen et Cie, à Hambourg.

Rütli-Sensa : Andreas Schilli et Cie, à Obernsel.

Il a été, en outre, apporté des restrictions à l'emploi de la marque *Edelweiss* : Höfelmayr, à Kempten.

Les gens du pays de l'organisation impeccable devraient pourtant chercher à se mettre d'accord entre eux sur la question des marques de fabrique.

Avant la guerre, le *Made in Germany* constituait à leurs yeux le moyen suprême d'imposer leurs produits.

Nous en avons vu, depuis, qui ont radicalement modifié cette théorie pour soutenir celle de la suppression générale, et dans tous les pays, de la marque de fabrique.

Et maintenant, c'est sous le couvert de dénominations neutres qu'ils cherchent à masquer ou à dissimuler leurs origines en laissant supposer qu'ils en ont eux-mêmes honte.

On retrouve dans ces fluctuations leur... souplesse commerciale, aujourd'hui moins sûre d'un lendemain pour lequel ils tentent de prendre des précautions. Mais les événements et les réactions provoqués par leurs appétits démesurés se retournent contre eux et se chargent de rendre vaines ces précautions. — Edg. MERCINIER.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 7. — 16 FÉVRIER 1918.

Chronique. — La représentation des industriels à l'Académie des Sciences. — Société internationale des Electriciens. — Le « Journal de la Houille blanche », p. 241-242.

Section scientifique et technique. — Champ électromagnétique d'un élément de courant constant dans un milieu biaxe, par Marcel BRILLOUIN, p. 243. — Revues, analyses et informations : Résistance et aimantation, p. 248; Inversion de l'effet Hall dans les alliages, p. 248.

Section industrielle. — Des transports aériens pour la manutention des matières premières dans l'industrie (*suite*), par F. SÉBA, p. 243. — Les applications de l'électricité dans les camps américains, par Pierre GUIEU, p. 257. — Revues, analyses et informations : La fabrication des briques de silice, p. 259; Frein magnétique Westinghouse pour ascenseurs, p. 260.

Section économique et financière. — La standardisation aux Etats-Unis, par J.-B. POMEY, p. 261. — Revues, analyses et informations : Chambres de Commerce, p. 272; L'exploitation de la houille blanche en Bavière, p. 272.

La représentation des industriels à l'Académie des Sciences. — Dans un de nos précédents numéros, nous avons reproduit, page 200, le décret par lequel M. le ministre de l'Instruction publique vient de ratifier le vote récemment émis par l'Académie des Sciences pour la création d'une section spéciale de sciences appliquées à l'industrie; cette section recevra six membres choisis parmi les industriels qui auront contribué à introduire les méthodes scientifiques dans l'industrie et qui auront fait connaître ces applications par des publications.

Cette décision paraît appelée à avoir un rôle très bienfaisant sur le développement de l'industrie française et encouragera de nombreux industriels à se servir davantage des méthodes scientifiques. Son importance sera encore mieux comprise si l'on se reporte aux considérants par lesquels le président de notre Conseil de rédaction, M. André Blondel, avait motivé la proposition, qu'il faisait à l'Académie des Sciences le 21 mai 1916 (1) et qui a servi de base à cette décision.

L'auteur faisait ressortir que, pour établir en France cette liaison qui existe déjà en Allemagne par d'autres procédés, le meilleur moyen était de commencer à l'établir *par en haut*, en créant un organisme régulateur dont l'influence servirait à détruire les préjugés existant dans le monde scientifique contre les métiers lucratifs, à orienter et à diriger, à tous les degrés de l'échelle sociale, les rapports mutuels entre la science et l'industrie, non seulement pour les progrès de la science industrielle, mais encore pour la direction de l'enseignement technique et l'organisation des recherches de laboratoires et d'usines.

La solution proposée avait d'abord de plus vastes ambitions et elle envisageait la répartition des membres de l'Académie en trois divisions au lieu de deux : la troisième division dite de Sciences appliquées aurait compris, outre la navigation et l'économie rurale déjà représentées, la mécanique appliquée et l'économie industrielle (physique appliquée et chimie appliquée). Mais une transformation si complète de l'Académie n'a pas paru possible dans l'état actuel de notre législation; il aurait fallu recourir à une procédure compliquée, au vote d'une nouvelle loi ; il a paru préférable de se contenter d'adopter la solution minimaliste qu'envisageait déjà l'auteur de l'article précité à la fin de cet article ; c'est ainsi qu'on a créé une seule section de six membres qui a été mise hors cadre.

Cette solution a eu le haut appui de l'éminent secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, M. Emile Picard, dont on connaît de longue date les connaissances remarquablement étendues et cependant profondes dans tous les domaines scientifiques, et la sollicitude éclairée pour tout ce qui intéresse le développement de l'industrie française ; elle paraît pouvoir suffire à atteindre le résultat exposé par l'article précité dans les termes suivants :

« En offrant aux industriels, qui auront su se distin-

(1) *La Lumière électrique* du 8 juillet 1916, t. XXXIV, p. 43 « Sur un moyen efficace d'établir la liaison entre la science et l'industrie ».

Digitized by Google

guer dans les sciences appliquées, un nombre de sièges suffisant dans l'Académie, on leur donnerait l'attrait de pratiquer eux-mêmes la science, le désir de diriger vers les études scientifiques leurs fils et leurs collaborateurs les plus distingués.

» Enfin et surtout, on leur offrirait l'occasion de faire entendre leurs voix dans les délibérations de l'Académie qui peuvent toucher aux questions industrielles. On donnerait ainsi à cette dernière plus d'autorité pour se faire entendre du grand public de l'industrie et pour devenir le guide et, pour ainsi dire, la tutrice des grands établissements d'instruction technique, notamment des Facultés techniques dont on propose depuis quelque temps la création; cette création serait beaucoup facilitée si l'on savait que la direction de ces nouvelles institutions serait soumise à un contrôle réellement compétent d'un corps indépendant, contenant à la fois des savants purs et des savants industriels et qui ne soit pas disposé à sacrifier à des ambitions ou à des intérêts personnels l'intérêt général du pays ».

D'une façon générale, on peut prévoir que les académiciens industriels français viendront, dans le sein de l'Académie, appuyer de leur autorité et de leur expérience les efforts méritoires faits dans ces dernières années par ceux de ses membres qui s'intéressaient aux questions industrielles et voulaient des relations plus intimes entre la science et l'industrie, entre le laboratoire et l'usine. Parmi ces membres, il convient de citer au premier rang notre éminent collaborateur M. Le Chatelier, MM. d'Arsonval, Blondel, Adolphe Carnot, Lecornu, Villard, etc...

Société internationale des Électriciens. — Séance du 7 février 1918. — La séance du 7 février 1918 de la Société internationale des Électriciens fut consacrée à l'audition de deux intéressantes communications.

La première, faite par M. Leauté avait pour titre : « Influence du déphasage sur la puissance électrique fournie au réseau de distribution ». M. Leauté a montré tout d'abord l'influence du déphasage sur la puissance transmise par le feeder. En appelant W_m la puissance normale maximum que peut transmettre le feeder pour un déphasage φ, M. Leauté a donné l'expression du rapport $\frac{W}{W_m}$ dans le cas d'un feeder court et d'un feeder long et a fait connaître l'établissement d'un abaque permettant de déterminer rapidement ce rapport.

M. Leauté a considéré ensuite l'influence du déphasage sur la puissance fournie par les alternateurs, il a montré qu'elle était beaucoup plus néfaste encore que vis-à-vis de la puissance transmise par le feeder ; il s'est appuyé pour faire sa démonstration sur la théorie de M. Blondel sur la réaction d'induit des alternateurs, il a donné ici encore la valeur du rapport $\frac{W}{W_m}$ et un abaque permettant de déterminer facilement la valeur de ce rapport pour différentes valeurs de φ. Pour terminer et confirmer l'importance des considérations qu'il avait exposées, M. Leauté a donné une application numérique en prenant pour exemple une machine existante de très bonne construction sur laquelle il a pu faire des essais. Il a montré ainsi que pour φ variant de 30° à 60° le rapport $\frac{W}{W_m} = 0{,}48$ pour le feeder et $\frac{W}{W_m} = 0{,}285$ pour l'alternateur. L'éloquence de ces chiffres dispense de tout commentaire.

La seconde communication fut faite par M. Guéry et avait pour titre : « Sur le réseau de retour des tramways ». M. Guéry exposa avec sa grande compétence les divers phénomènes qui se produisent dans le réseau de retour des tramways. Il étudia la question des feeders de retour et de leur point d'attache ainsi que celle de la résistivité du sol. Il a montré que les prescriptions établies en France n'étaient pas si mauvaises qu'on voulait bien le dire, mais qu'elles avaient simplement besoin d'être modernisées et adaptées aux conditions actuelles. Il a terminé en disant que dans le cas d'une voie bien entretenue dont les joints sont soigneusement vérifiés, les aiguillages connectés électriquement, on n'a pas à craindre de phénomènes d'électrolyse sauf dans les courbes où l'on doit éviter autant que possible la présence de conduites de gaz, d'eau ou d'électricité. En respectant toutes ces conditions, l'exploitation électrique des voies de tramways se fait d'une façon satisfaisante.

Le « Journal de la Houille blanche ». — Sous ce titre vient de paraître un nouvel organe des industries de la houille blanche.

Dans son premier numéro nous relevons, après l'exposé du programme que se propose de suivre la rédaction : un un article sur « l'Etatisation de la houille blanche » de son directeur-rédacteur en chef: A. Pawlowski, où se trouvent discutées les propositions faites par MM. Jouhaux et Prété dans une récente brochure dont il a été question ici même ; un autre de M. Barbillion sur les relations entre « les industries de la houille blanche et l'enseignement technique supérieur » ; une note de M. G. Bonnefoy sur la « Houille blanche et son influence sur la locomotion électrique » ; enfin le début d'une étude sur les turbines due à M. L. Gouverner et intitulé « de l'aube du moulin à la turbine » ; enfin toute une série de notes et informations intéressantes concernant les installations nouvelles de production hydraulique de l'énergie électrique, la distribution de cette énergie et son application à l'électrochimie et à l'électrométallurgie.

L'intérêt de ce numéro fait bien augurer du succès que nous souhaitons à notre nouveau confrère.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE.

Champ électromagnétique d'un élément de courant constant dans un milieu biaxe

Les propriétés générales des milieux anisotropes sont beaucoup moins connues que celles des milieux isotropes; on peut même dire que nous ne savons rien de leurs propriétés dynamiques et électro-optiques. L'auteur constate que, même dans l'ouvrage de M. Vogt sur les cristaux, il n'est pas question du champ magnétique créé dans un milieu anisotrope indéfini par un courant constant. C'est la loi élémentaire de ce phénomène simple qu'il établit pour un élément de courant d'orientation quelconque dans un cristal biaxe.

1. — **Equations du champ.** — Ecrivons les équations du champ électromagnétique en milieu électriquement anisotrope, mais magnétiquement isotrope, en adoptant les unités électromagnétiques. Les vitesses de propagation principales, suivant les axes rectangulaires x, y, z, sont appelées, suivant l'usage optique a, b, c, rangées en ordre décroissant

$$a^2 > b^2 > c^2.$$

J'appelle E, M, j la force électrique, la force magnétique et la densité de courant avec les indices 1, 2, 3, pour les trois axes principaux et e la densité électrique.

$$(1)\qquad \begin{cases} \text{div.}\, j_1 = -\dfrac{\partial e}{\partial t}, \\ \text{div.}\left(\dfrac{E_1}{a^2}\right) = 4\pi e, \\ \text{div.}\, M_1 = 0. \end{cases}$$

$$(2)\qquad \begin{cases} \dfrac{1}{a^2}\dfrac{\partial E_1}{\partial t} + 4\pi j_1 = \dfrac{\partial M_2}{\partial z} - \dfrac{\partial M_3}{\partial y}, \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \end{cases}$$

$$(3)\qquad \begin{cases} -\dfrac{\partial M_1}{\partial t} = \dfrac{\partial E_2}{\partial z} - \dfrac{\partial E_3}{\partial y}. \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \end{cases}$$

2. — **Sources.** — Je me propose de chercher, pour ces milieux biaxes, comme je l'ai fait [1] pour les uniaxes, le champ produit par les sources variables les plus simples placées à l'origine des coordonnées.

En dehors des sources, les seconds membres des trois équations (1) sont nuls. C'est l'existence de ces relations qui réduit ces milieux à être *biréfringents* et non triréfringents. Ces liaisons différentielles ont une conséquence familière aux physiciens : pour ceux-ci la source réalisable la plus simple n'est pas une source ponctuelle unique (quasi isotrope) dès que l'état est variable; c'est un doublet dont les deux charges sont liées par un élément de courant. Avec une charge unique variable à l'origine, il faudrait supposer au moins une ligne de courant allant à l'infini (ou en venant) pour rejoindre la charge de signe contraire, située hors du champ fini accessible. Une charge unique est donc associée à une ligne de discontinuité étendue à l'infini d'un côté : ce n'est pas une source localisée dans un très petit volume autour d'un point.

Ainsi, ce sont les doublets, pour lesquels le courant se réduit à un élément de longueur, qui constituent les véritables sources.

Un doublet d'orientation quelconque résulte de trois doublets synchrones dirigés suivant les axes principaux du milieu.

A l'aide de ces trois doublets on pourra, par des différentiations spatiales, former *toutes* les autres sources ponctuelles, quelle qu'en soit la complication. On formera, par des intégrations, les sources d'étendue finie, filiformes ou autres.

3. — **Equilibre électrique.** — Le problème le plus simple, résolu depuis longtemps, est celui de l'équilibre électrique, sans courants ni champ magnétique. Le second groupe d'équations (3) (Faraday) montre qu'alors il y a un potentiel électrostatique V

$$(4)\qquad E_1 = -\frac{\partial V}{\partial x},\quad E_2 = -\frac{\partial V}{\partial y},\quad E_3 = -\frac{\partial V}{\partial z},$$

avec

$$(5)\qquad \frac{\partial^2 V}{a^2\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{b^2\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{c^2\partial z^2} = -4\pi e.$$

[1] *Bulletin des Sciences mathématiques*, janvier 1918.

Digitized by Google

On voit tout de suite que la solution fondamentale est

$$(6)\qquad V=\frac{b^2e}{R},\quad R^2=\frac{a^2}{b^2}x^2+y^2+\frac{c^2}{b^2}z^2,$$

et l'on a

$$x^2=\frac{b^2(R^2-y^2)-c^2(r^2-y^2)}{a^2-c^2},$$

$$z^2=\frac{a^2(r^2-y^2)-b^2(R^2-y^2)}{a^2-c^2}.$$

Les surfaces de niveau sont les ellipsoïdes à trois axes *inversement* proportionnels aux vitesses a, b, c. Ce sont des surfaces à une seule nappe, le potentiel n'ayant dans l'état d'équilibre qu'une seule valeur, bien définie en chaque point, sans aucune singularité.

Doublets électriques. — Un doublet dont la direction positive est α, β, γ et le moment ε a pour potentiel

$$(7)\quad V=-b^2\varepsilon\left[\alpha\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{1}{R}\right)+\beta\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{1}{R}\right)+\gamma\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{1}{R}\right)\right],$$

$$V=+\frac{\varepsilon}{R^3}[a^2\alpha x+b^2\beta y+c^2\gamma z].$$

On formera sans difficulté le potentiel dû à des distributions plus complexes. Les calculs ont une grande analogie avec ceux des milieux isotropes, à condition de prendre pour variables $\frac{a}{b}x$, y, $\frac{b}{c}z$, au lieu de x, y, z.

4. — **Elément de courant permanent ou doublet de moment proportionnel au temps.** — Lorsque la variation du champ électrique est proportionnelle au temps, les équations (2) (Ampère-Maxwell) montrent qu'il en résulte un champ magnétique et que ce champ est constant. Il résulte alors des équations (3) (Faraday) que le champ électrique est encore défini par un potentiel, comme au paragraphe précédent. Le champ électrique nous est donc connu, et le champ magnétique est défini par les équations (2) dont le premier membre est donné, jointes à la condition (1) de divergence nulle.

Les potentiels des trois doublets principaux sont

$$(8)\quad\begin{cases}V_x=-b^2(\varepsilon+t\varepsilon')\dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{1}{R}\right),\\ V_y=-b^2(\varepsilon+t\varepsilon')\dfrac{\partial}{\partial y}\left(\dfrac{1}{R}\right),\\ V_z=-b^2(\varepsilon+t\varepsilon')\dfrac{\partial}{\partial z}\left(\dfrac{1}{R}\right);\end{cases}$$

ε désigne le moment électrique initial, et ε' sa vitesse constante d'accroissement.

On peut écrire, pour le doublet de direction fixe α, β, γ.

$$V=-b^2(\varepsilon+t\varepsilon')\frac{\partial}{\partial s}\left(\frac{1}{R}\right),$$

en posant

$$\frac{\partial}{\partial s}=\alpha\frac{\partial}{\partial x}+\beta\frac{\partial}{\partial y}+\gamma\frac{\partial}{\partial z}.$$

Les équations à intégrer sont

$$(11)\quad\begin{cases}\dfrac{\partial M_2}{\partial z}-\dfrac{\partial M_3}{\partial y}=\dfrac{1}{a^2}\dfrac{\partial^2}{\partial x\,\partial s}\left(\dfrac{1}{R}\right),\\ \dfrac{\partial M_3}{\partial x}-\dfrac{\partial M_1}{\partial z}=\dfrac{1}{b^2}\dfrac{\partial^2}{\partial y\,\partial s}\left(\dfrac{1}{R}\right),\\ \dfrac{\partial M_1}{\partial z}-\dfrac{\partial M_2}{\partial x}=\dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2}{\partial z\,\partial s}\left(\dfrac{1}{R}\right).\end{cases}$$

$$(12)\qquad \operatorname{div}M=0,$$

en laissant provisoirement de côté le facteur $b^2\varepsilon'$, quitte à le rétablir dans les formules finales.

5. — **Intégration.** — Guidés par l'analogie avec les milieux isotropes et les uniaxes (1), nous poserons

$$(13)\quad\begin{cases}M_1=\dfrac{\partial\Phi}{\partial x}+\dfrac{\beta}{c^2}\dfrac{\partial}{\partial z}\left(\dfrac{1}{R}\right)-\dfrac{\gamma}{b^2}\dfrac{\partial}{\partial y}\left(\dfrac{1}{R}\right),\\ M_2=\dfrac{\partial\Phi}{\partial y}+\dfrac{\gamma}{a^2}\dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{1}{R}\right)-\dfrac{\alpha}{c^2}\dfrac{\partial}{\partial z}\left(\dfrac{1}{R}\right),\\ M_3=\dfrac{\partial\Phi}{\partial z}+\dfrac{\alpha}{b^2}\dfrac{\partial}{\partial y}\left(\dfrac{1}{R}\right)-\dfrac{\beta}{a^2}\dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{1}{R}\right).\end{cases}$$

Ces valeurs satisfont aux équations (11), quelle que soit la fonction Φ; mais, pour satisfaire à la dernière équation (12), il faut un choix convenable de la fonction Φ

$$(14)\quad\Delta\Phi=-\left[\alpha\frac{c^2-b^2}{b^2c^2}\frac{\partial^2}{\partial y\,\partial z}+\beta\frac{a^2-c^2}{a^2c^2}\frac{\partial^2}{\partial z\,\partial x}+\gamma\frac{b^2-a^2}{a^2b^2}\frac{\partial^2}{\partial x\,\partial y}\right]\frac{1}{R}.$$

Si l'on connaissait l'intégrale homogène de degré $+1$, de l'équation

$$(15)\qquad\Delta\mathcal{L}=-\frac{1}{R},$$

on aurait immédiatement

$$(16)\qquad\Phi=\left[\alpha\frac{c^2-b^2}{b^2c^2}\frac{\partial^2}{\partial y\,\partial z}+\ldots\ldots\right]\mathcal{L}.$$

C'est cette intégrale que nous allons former. Remarquons toutefois que cette recherche n'est pas indispensable, puisque la fonction $\mathcal{L}$ ne figure dans l'expression

(1) *Loc. cit.*

Digitized by Google

finale du champ magnétique que par des dérivées troisièmes. La fonction $\mathcal{L}$ pourrait être d'une forme transcendante non étudiée, sans que la solution cesse d'être explicite, pourvu que les dérivées utiles dépouillent la forme transcendante.

6. — **Étude de l'équation** (15). — Le point de départ est fourni par l'équation même à laquelle satisfait $\frac{1}{R}$.

$$\left(\frac{1}{a^2}\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{1}{b^2}\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\left(\frac{1}{R}\right)=0,$$

équation que nous pouvons écrire

$$(17)\qquad (\Delta+D)\left(\frac{1}{R}\right)=0,$$

en posant

$$(18)\qquad D=\left(\frac{b^2}{a^2}-1\right)\frac{\partial^2}{\partial x^2}-\left(1-\frac{b^2}{c^2}\right)\frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

Opérons par D sur l'équation (15), celle-ci devient

$$(19)\qquad \Delta(D\mathcal{L})=-D\left(\frac{1}{R}\right),$$

et, d'autre part, nous savons, par l'équation (17), que l'on a

$$(20)\qquad \Delta\left(\frac{1}{R}+\frac{K}{r}\right)=-D\left(\frac{1}{R}\right),$$

quelle que soit la constante K.

On aura donc une intégrale de (19) en prenant

$$(21)\qquad D(\mathcal{L})=\frac{1}{R}+\frac{K}{r}.$$

C'est cette équation (21) que nous allons intégrer pour obtenir la fonction $\mathcal{L}$; il suffit de prendre la fonction particulière homogène de degré $+1$, pour qu'elle satisfasse non seulement à l'équation (19), mais aussi à l'équation initiale (15).

Pour intégrer l'équation (21) faisons le changement de variables classique, *réel*

$$(22)\qquad \begin{cases}\xi=Ax+Cz\\ \zeta=Ax-Cz\end{cases}\qquad\left|\quad \begin{aligned}x&=\frac{\xi+\zeta}{2A}\\ z&=\frac{\xi-\zeta}{2C},\end{aligned}\right.$$

avec

$$A=\frac{a\sqrt{b^2-c^2}}{b\sqrt{a^2-c^2}},\qquad C=\frac{c\sqrt{a^2-b^2}}{b\sqrt{a^2-c^2}}$$

On en tire

$$(23)\qquad D=-\frac{1}{H}\frac{\partial^2}{\partial\xi\,\partial\zeta},\qquad H=\frac{a^2c^2}{4A^2C^2b^2(a^2-c^2)},$$

et par suite

$$(24)\qquad \frac{\partial^2\mathcal{L}}{\partial\xi\,\partial\zeta}=-\frac{H}{R}+\frac{H'}{r}.$$

On a aussi

$$(25)\qquad \begin{cases}R^2=y^2+P^2(\xi^2+\zeta^2)+2PQ.\xi\zeta,\\ r^2=y^2+p^2(\xi^2+\zeta^2)+2pq\xi\zeta,\end{cases}$$

avec

$$P=\frac{\sqrt{A^2c^2+a^2C^2}}{2bAC},\qquad Q=\frac{a^2C^2-c^2A^2}{2bAC\sqrt{A^2c^2+a^2C^2}},$$

$$p=\frac{1}{2}\frac{\sqrt{A^2+C^2}}{AC},\qquad q=\frac{C^2-A^2}{2AC\sqrt{C^2+A^2}},$$

où

$$A^2c^2+C^2a^2=\frac{a^2c^2}{b^2},\qquad C^2+A^2=1,$$

$$a^2C^2-c^2A^2=\frac{a^2c^2}{b^2}(a^2+c^2-2b^2),\qquad C^2-A^2=\frac{2a^2c^2-b^2c^2-b^2a^2}{b^2(a^2-c^2)},$$

$$(26)\qquad \begin{cases}P=\dfrac{a^2-c^2}{2\sqrt{(b^2-c^2)(a^2-b^2)}},\quad Q=\dfrac{a^2+c^2-2b^2}{2\sqrt{(b^2-c^2)(a^2-b^2)}},\\ p=\dfrac{b^2}{ac}P,\qquad\qquad q=\dfrac{2a^2c^2-b^2c^2-a^2b^2}{2ac\sqrt{(b^2-c^2)(a^2-b^2)}}.\end{cases}$$

Nous sommes ramenés à des quadratures connues.

7. — Pour intégrer par rapport à ξ, nous posons

$$(27)\qquad U=P\xi+Q\zeta,\qquad u=p\xi+q\zeta,$$

d'où

$$(28)\qquad R^2-U^2=r^2-u^2=y^2+\zeta^2.$$

L'intégration est immédiate

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\zeta}=\frac{H}{2P}\log\frac{R-U}{R+U}+\frac{H'}{2p}\log\frac{r+u}{r-u},$$

en choisissant la constante de manière que $\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\zeta}$ soit homogène de degré zéro.

Si nous laissions arbitraire la constante H', cette expression deviendrait infinie sur l'un des axes optiques ($y=0$, $\zeta=0$). Nous excluons cette discontinuité en prenant

$$H'=H\frac{p}{P}.$$

Nous avons alors

$$(29)\qquad \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\zeta}=\frac{b^2}{4\sqrt{(b^2-c^2)(a^2-b^2)}}\log\left(\frac{R-U}{R+U}\cdot\frac{r+u}{r-u}\right).$$

Digitized by Google

En commençant par l'intégration en ζ, on aurait obtenu de même

$$(30)\qquad \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \xi} = \frac{b^2}{4\sqrt{(b^2-c^2)(a^2-b^2)}} \log\left(\frac{R-W}{R+W}\cdot\frac{r-w}{r+w}\right),$$

en posant

$$(31)\qquad \begin{cases} W = P\zeta + Q\xi, & w = p\zeta + q\xi. \\ R^2 - W^2 = r^2 - w^2 = y^2 + \xi^2. \end{cases}$$

u est une distance comptée le long de l'axe optique du 1er — 3e quadrant.

U est une distance comptée sur le diamètre conjugué de ζ dans l'ellipse $a^2x^2 + c^2z^2 = 1$.

De même pour w, W, relativement à l'axe optique des 2e — 3e quadrants.

8. — **La fonction Φ.** — Avant de poursuivre la recherche, intéressante en elle-même, de la fonction $\mathcal{L}$, achevons la solution du problème physique en formant la fonction Φ, ce qui nous est dès à présent pssible. En passant des variables x, y, z, aux variables ξ, y, ζ, qui mettent bien en évidence le rôle des axes optiques, nous avons

$$(32)\qquad \Phi = \frac{a^2-c^2}{a^2c^2} AC\left[(\alpha A + \gamma C)\frac{\partial^2}{\partial \xi\, \partial y} + (\gamma C - \alpha A)\frac{\partial^2}{\partial y\, \partial \zeta} - \beta\left(\frac{\partial^2}{\partial \xi^2} - \frac{\partial^2}{\partial \zeta^2}\right)\right]\mathcal{L},$$

avec

$$(33)\qquad \frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial y\, \partial \xi} = \frac{ab^2c}{2AC}\frac{y}{y^2+\xi^2}\left[\frac{W}{R} - \frac{w}{r}\right], \qquad (34)\qquad \frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial y\, \partial \zeta} = \frac{ab^2c}{2AC}\frac{y}{y^2+\zeta^2}\left[\frac{U}{R} - \frac{u}{r}\right],$$

$$(35)\qquad \frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial \xi^2} = \frac{ab^2c}{2AC}\frac{1}{y^2+\xi^2}\left[\frac{(a^2C^2 + c^2A^2)\,\xi\zeta - (a^2C^2 - c^2A^2)\,y^2}{2bAC\sqrt{a^2C^2 + c^2A^2}\,.\,R} - \frac{\xi\zeta - (C^2 - A^2)\,y^2}{2ACr}\right],$$

$$(36)\qquad \frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial \zeta^2} = \frac{ab^2c}{2AC}\frac{1}{y^2+\zeta^2}\left[\frac{(a^2C^2 + c^2A^2)\,\xi\zeta - (a^2C^2 - c^2A^2\,y^2}{2bAC\sqrt{a^2C^2 + c^2A^2}\,R} - \frac{\xi\zeta - (C^2 - A^2)\,y^2}{2ACr}\right];$$

d'où finalement

$$(37)\qquad \Phi = \frac{a^2-c^2}{2ac}b^2\left[\frac{y}{y^2+\xi^2}(\alpha A + \gamma C)\left(\frac{W}{R} - \frac{w}{r}\right) + \frac{y}{y^2+\zeta^2}(\gamma C - \alpha A)\left(\frac{U}{R} - \frac{u}{r}\right)\right.$$
$$\left. - \frac{\beta}{2AC}\frac{\zeta^2 - \xi^2}{(y^2+\xi^2)(y^2+\zeta^2)} \times \left[\frac{(a^2C^2 + c^2A^2)\,\xi\zeta - (a^2C^2 - c^2A^2)\,y^2}{b\sqrt{a^2C^2 + c^2A^2}}\frac{1}{R} - \left(\frac{r}{\xi\zeta - (C^2 - A^2)\,y^2}\right)\right]\right].$$

La partie analytique du problème proposé est ainsi achevée; il n'y a d'autre singularité qu'à l'origine.

Nous reviendrons plus loin sur la discussion de cette expression.

9. — Achevons d'abord la détermination de la fonction $\mathcal{L}$, bien qu'elle ne soit pas nécessaire. Le résultat serait immédiat si l'on connaissait aussi la dérivée par rapport à y; car la fonction étant homogène du premier degré, on aurait tout de suite

$$(38)\qquad \mathcal{L} = \xi\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \xi} + y\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial y} + \zeta\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \zeta} = x\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x} + y\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial y} + z\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial z}.$$

Remarque. — On pourrait tirer parti de la symétrie des trois axes principaux pour former, sans intégration, $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial y}$ à l'aide des valeurs déjà trouvées pour $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x}$ et $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial z}$. Mais on fait jouer un rôle particulier à l'axe intermédiaire y, et on a donné une valeur particulière à la constante H', ce qui masque la symétrie. On le voit bien sur les deux dérivées déterminées : on n'obtient pas $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x}$ en faisant la permutation *circulaire* à partir de $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial z}$. Il faudrait donc remonter aux formes plus générales de ces dérivées et faire une discussion un peu minutieuse que je préfère éviter.

Méthode indirecte. — Il me paraît plus simple de faire encore une quadrature. $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial y}$ doit être homogène de degré zéro; cela nous permet de former facilement $\frac{\partial^2}{\partial y^2}$

$$(39)\qquad y\frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial y^2} = -\xi\frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial \xi\, \partial y} - \zeta\frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial \zeta\, \partial y}.$$

Nous obtenons ainsi, en tenant compte des relations (28)

$$(40)\qquad \frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial y^2} = \frac{-b^2}{2\sqrt{(b^2-c^2)(a^2-b^2)}}\left[\frac{\zeta}{y^2+\zeta^2}\left(\frac{U}{R} - \frac{u}{r}\right) + \frac{\xi}{y^2+\xi^2}\left(\frac{W}{R} - \frac{w}{r}\right)\right].$$

Digitized by Google

Nous sommes ainsi ramenés à des intégrations classiques par rapport à y

$$U\zeta \int_0^y \frac{dy}{R(y^2+\zeta^2)} = \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{yU}{R\zeta}\right),$$

$$u\zeta \int^y \frac{dy}{r(y^2+\zeta^2)} = \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{yu}{r\zeta}\right),$$

etc.

On a donc

$$(41)\qquad \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial y} = \frac{-b^2}{2\sqrt{b^2-c^2}\sqrt{a^2-b^2}}\left[\operatorname{arc\,tg}\left(\frac{yU}{R\zeta}\right) - \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{yu}{r\zeta}\right) + \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{yW}{R\xi}\right) - \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{yw}{r\xi}\right)\right].$$

10. — Réunissant les formules, nous avons finalement

$$(42)\qquad \mathcal{L} = \frac{b^2}{4\sqrt{b^2-c^2}\sqrt{a^2-b^2}}\left[\begin{array}{l}\xi\log\left(\dfrac{R-W}{R+W}\dfrac{r+w}{r-w}\right) + \zeta\log\left(\dfrac{R-U}{R+U}\dfrac{r+u}{r-u}\right)\\ \quad + 2y\left[\operatorname{arc\,tg}\left(\dfrac{yu}{r\zeta}\right) - \operatorname{arc\,tg}\left(\dfrac{yU}{R\zeta}\right) + \operatorname{arc\,tg}\left(\dfrac{yw}{r\xi}\right) - \operatorname{arc\,tg}\left(\dfrac{yW}{R\xi}\right)\right]\end{array}\right].$$

Telle est l'intégrale homogène du premier degré, sans singularité à distance, sauf à l'origine, de l'équation (15) qui n'est autre que

$$(43)\qquad \left[\frac{1}{a^2}\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{1}{b^2}\frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right]\Delta(\mathcal{L}) = 0.$$

Je réunis, en les exprimant au moyen des coordonnées x, y, z, les formules éparses qui entrent dans l'intégrale

$$(44)\qquad \left\{\begin{array}{l}\xi = \dfrac{ax\sqrt{b^2-c^2} + cz\sqrt{a^2-b^2}}{b\sqrt{a^2-c^2}},\\ \zeta = \dfrac{ax\sqrt{b^2-c^2} - cz\sqrt{a^2-b^2}}{b\sqrt{a^2-c^2}},\end{array}\right.$$

$$(45)\qquad \left\{\begin{array}{l}u = \dfrac{cx\sqrt{a^2-b^2} + az\sqrt{b^2-c^2}}{b\sqrt{a^2-c^2}},\\ w = \dfrac{cx\sqrt{a^2-b^2} - az\sqrt{b^2-c^2}}{b\sqrt{a^2-c^2}},\end{array}\right.$$

$$(46)\qquad \left\{\begin{array}{l}U = \dfrac{ax\sqrt{a^2-b^2} + cz\sqrt{b^2-c^2}}{b\sqrt{a^2-c^2}},\\ W = \dfrac{ax\sqrt{a^2-b^2} - cz\sqrt{b^2-c^2}}{b\sqrt{a^2-c^2}}.\end{array}\right.$$

Doublet de moment électrique $\varepsilon + t\varepsilon'$ *à l'origine.*

Champ électrique

$$V = b^2(\varepsilon + t\varepsilon')\frac{\partial}{\partial s}\left(\frac{1}{R}\right) \qquad (9, \S 4),$$

$$R^2 = \frac{a^2x^2 + b^2y^2 + c^2z^2}{b^2} \qquad (6, \S 3).$$

L'élément de courant provenant de ce doublet est $I\,ds = \varepsilon'$, suivant la direction ds (α, β, γ) du doublet.

Champ magnétique (13. § 5),

$$(47)\qquad \left\{\begin{array}{l}M_1 = b^2\varepsilon'\left[\dfrac{\partial\Phi}{\partial x} + \dfrac{\beta}{c^2}\dfrac{\partial}{\partial z}\left(\dfrac{1}{R}\right) - \dfrac{\gamma}{b^2}\dfrac{\partial}{\partial y}\left(\dfrac{1}{R}\right)\right],\\ M_2 = b^2\varepsilon'\left[\dfrac{\partial\Phi}{\partial y} + \dfrac{\gamma}{a^2}\dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{1}{R}\right) - \dfrac{\alpha}{c^2}\dfrac{\partial}{\partial z}\left(\dfrac{1}{R}\right)\right],\\ M_3 = b^2\varepsilon'\left[\dfrac{\partial\Phi}{\partial z} + \dfrac{\alpha}{b^2}\dfrac{\partial}{\partial y}\left(\dfrac{1}{R}\right) - \dfrac{\beta}{a^2}\dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{1}{R}\right)\right],\end{array}\right.$$

$$(48)\qquad \Phi = \left\{\begin{array}{l}\dfrac{y}{y^2+\xi^2}\dfrac{b\sqrt{a^2-c^2}}{2ac}\left(\alpha a\sqrt{b^2-c^2} + \gamma c\sqrt{a^2-b^2}\right)\left(\dfrac{W}{R} - \dfrac{w}{r}\right) + \dfrac{y}{y^2+\zeta^2}\dfrac{b\sqrt{a^2-c^2}}{2ac}\left(\gamma c\sqrt{a^2-b^2} - \alpha a\sqrt{b^2-c^2}\right)\left(\dfrac{U}{R} - \dfrac{u}{r}\right)\\ \quad - \dfrac{\beta(\zeta^2-\xi^2)}{(y^2+\xi^2)(y^2+\zeta^2)}\dfrac{b^2(a^2-c^2)}{4a^2c^2\sqrt{b^2-c^2}\sqrt{a^2-b^2}}\left[ac\left[(a^2-c^2)\xi\zeta - (a^2+c^2-2b^2)y^2\right]\dfrac{1}{R} - \left[b^2(a^2-c^2)\xi\zeta - (2a^2c^2-b^2c^2-b^2a^2)y^2\right]\dfrac{1}{r}\right]\end{array}\right\}.$$

11. — **Circuits finis.** — Lorsqu'un courant uniforme et constant parcourt un circuit fermé, le champ électrique disparaît et on peut écrire les intégrales simples prises le long du circuit, qui donnent le champ magnétique, puisqu'on a les formules qui donnent le champ dû à chaque élément. Il serait fort intéressant de pousser à fond l'étude de champ magnétique, surtout au voisinage des axes optiques.

Si le circuit fini reste ouvert et aboutit à deux conducteurs, on pourra de même écrire le champ magnétique dû à toute la partie filiforme du circuit, et le champ électrique dû aux deux extrémités, si les conducteurs

Digitized by Google

extrêmes sont très petits. Si les conducteurs ont des dimensions finies, mais petites par rapport au fil et à la distance d'observation, on pourra admettre que la distribution est à chaque instant sensiblement en équilibre et puisque le courant et l'état initial font connaître la charge totale, on se trouve ramené à un problème d'équilibre déterminé.

Le vrai problème complet exigerait l'étude de la répartition du courant dans chaque conducteur extrême et fait retomber sur les questions beaucoup plus difficiles de propagation dans un conducteur étendu en tous sens.

Je ne m'en occuperai pas ici, réservant mon effort actuel pour le problème des sources qui varient suivant une loi arbitraire en fonction du temps.

Marcel BRILLOUIN,
Professeur au Collège de France

Revues, analyses et informations

Résistance et aimantation (1).

L'auteur a développé la théorie de l'influence des champs magnétiques sur la résistance afin de lui faire embrasser les cas des champs longitudinaux et transversaux. La théorie fait prévoir que l'effet transversal sera plus important que l'effet longitudinal. Toutes les expériences sur les métaux non ferromagnétiques semblent d'accord avec cette conclusion. Pour faire des essais bien définis, il importe, cependant, de considérer avec soin la structure cristalline des métaux examinés.

C'est dans cet esprit que l'auteur a entrepris des recherches sur le graphite cristallisé pris sous des formes différentes. Pour de la poudre de graphite comprimée, l'influence d'un champ magnétique sur la résistance est plus grande lorsque la poudre est grossière que lorsqu'elle est fine. Ce fait conduit à supposer que dans une substance composée de gros cristaux l'effet est plus grand que pour la même substance constituée par de petits cristaux.

Il est probable que cet effet de la structure cristalline explique pourquoi le bismuth qui, sous sa forme ordinaire, subit un fort accroissement de résistance dans le champ magnétique est peu affecté quand on le prend à l'état de poudre fine produite par la réduction chimique d'un sel de bismuth. Dans les gros cristaux de graphite l'effet observé est plus grand que dans toute autre substance métallique conductrice. De l'étude du graphite il faut conclure que la structure cristalline est un facteur important à considérer quand on étudie la conductibilité d'une substance dans un champ magnétique. En constituant des éprouvettes d'une manière convenable, il est possible de comparer les effets longitudinaux et transversaux en se mettant à l'abri de toute perturbation provenant de différences dans la structure cristalline.

Les expériences réalisées sur un échantillon de cadmium préparé d'une manière spéciale ont permis de conclure que les comparaisons des effets longitudinaux et transversaux peuvent être effectuées en prenant comme éprouvette un fil ordinaire. Si l'on admet que les fils des autres métaux se comportent à cet égard comme le cadmium, l'auteur a calculé pour plusieurs métaux le nombre des électrons par unité de volume et la période propre des électrons.

La théorie fournit une explication satisfaisante de la manière dont se comportent toutes les substances para et diamagnétiques qui ont été étudiées jusqu'ici.

Ce travail est la continuation d'une étude antérieure de l'auteur : la magnétostriction et la résistance du fer et du nickel. « La Revue électrique », 18 février 1916, t. XXV, p. 119-122. — A. B.

(1) C.-W. HEAPS. *Physical Review*, octobre 1917, 2e série, t. X, p. 366-376, 4 500 mots, 4 fig.

Inversion de l'effet Hall dans les alliages (1).

En étudiant l'effet Hall dans les alliages Bi-Sn, Ettingshausen et Nernst (*Ann. der Phys.*, t. XXXIII, p. 474, 1888) ont fait cette observation intéressante que pour une certaine valeur du champ magnétique, il y a inversion du sens de la force électromotrice de Hall. Pour de faibles valeurs du champ magnétique le sens de la force électromotrice est le même que dans le bismuth. A mesure qu'augmente le champ magnétique, la force électromotrice de Hall croît d'abord, passe par un maximum et tombe à zéro, après quoi elle change de sens et augmente continuellement. Ettingshausen et Nernst avaient attribué cette inversion à la superposition de quelques-uns des effets connexes de l'effet Hall sur la force électromotrice propre de l'effet Hall

L'auteur a repris les expériences de Nernst et Ettingshausen en les étendant jusqu'à des valeurs bien supérieures du champ. Il a également étudié des alliages de bismuth et de plomb. Il résulte de ses recherches que l'explication fournie par Nernst et Ettingshausen est tout à fait insuffisante. L'explication doit être plutôt cherchée dans la structure de l'alliage, en particulier, dans les interstices entre les atomes vibrants.

Cette question a déjà été traitée par M. Smith : effet Hall et les phénomènes connexes dans les métaux rares et les alliages. « La Revue électrique », 1er 1916, t. XXVI, p. 351. — A. B.

(1) Alpheus-W. SMITH. *Physical Review*, octobre 1917, 2e série, t. X, p. 358-365, 3 000 mots, 8 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Des transports aériens pour la manutention des matières premières dans l'industrie *(Suite)*

La première partie de cette étude a déjà paru dans notre numéro du 2 février 1918, t. III, p. 184, l'auteur y examinait l'établissement du plan d'une installation de transports aériens, et les conditions auxquelles doivent satisfaire les pylônes tant au point de vue de leurs caractéristiques que de leur construction et établissement. Dans la deuxième partie ci-dessous, l'auteur étudie la question des filets de protection et des ponts-abris pour la traversée par le transporteur aérien des routes et des voies ferrées, celle des rails de roulement et des aiguilles de déviation. Il termine cette deuxième partie de son travail en examinant l'utilisation des transports aériens dans diverses industries.

Filets de protection et ponts-abris. — Comme nous l'avons dit dans notre étude précédente, nous allons examiner la question des filets de protection.

Ces filets sont surtout employés, pour les traversées des terrains peu fréquentés ou encore, pour permettre le passage des lignes au-dessus des routes où le trafic n'est pas très intense.

Ainsi que nous l'avons vu précédemment, on les attache à la partie supérieure des pylônes ou des stations, mais de préférence on les supporte au moyen de câble passant sur des coussinets et ancrés dans des massifs en béton.

Aux stations d'angle ou extrêmes, il est préférable de faire les ancrages des câbles supportant ces filets, à des supports indépendants des charpentes de la station.

Il arrive en effet, lorsque l'on a des stations de grande hauteur, que la chute d'une benne produit un choc violent sur le filet, choc qui se répercute sur la station, et peut être nuisible à cette dernière si ces accidents se répètent fréquemment.

Les filets sont constitués par deux câbles formant les bords et reliés entre eux par des câbles plus petits disposés de telle sorte qu'ils forment des mailles de 20 à 40 mm selon la nature des matières transportées.

Leur largeur doit être déterminée en tenant compte du balancement des bennes qui peut être de 15° sur la verticale.

Il faut tenir compte également que, lorsque la chute a lieu, elle se produit suivant une certaine inclinaison qui peut parfois être telle que la largeur du filet prévue devient insuffisante.

Pour le calcul des filets de protection, on doit tenir compte du poids propre et de la force vive développée par la chute du poids de la benne pleine ajouté à celui du chariot.

Afin de diminuer l'importance de ces filets, la distance du fond de la benne renversée au filet doit être aussi réduite que possible, cette distance ne dépasse jamais 30 à 40 cm.

Lorsque l'on a à traverser des routes très fréquentées ou des lignes de chemin de fer, les filets de protection ne suffisent plus, malgré les armatures en cornières que l'on place à la partie inférieure et le double filet à mailles de différentes dimensions que l'on adopte souvent; on fait usage dans ces cas de ponts-abris véritables constructions métalliques qui atteignent parfois des portées de 30 à 40 m.

Ces ponts-abris sont construits en fers profilés et le tablier est recouvert d'un plancher en bois et dans certains cas, le plancher est recouvert d'une couche de terre servant à amortir les chocs lors de la chute des bennes.

Aux extrémités du pont, c'est-à-dire à la sortie et à l'entrée des câbles porteurs, ces derniers reposent sur des coussinets semblables à ceux employés pour les pylônes.

Lorsque la flèche des câbles porteurs est importante, il est bon de placer de chaque côté du pont une aiguille avec manchette de protection pour éviter l'usure des câbles.

Ces manchettes sont généralement en acier coulé et leur fixation au pont ou à la station est articulée ; la partie reposant sur le câble épouse la demi-circonférence de ce dernier et, sous le câble, dépassent deux oreilles dans lesquelles passe un boulon destiné à éviter le soulèvement de l'aiguille, lorsque les wagonnets s'engagent sur cette dernière.

Dans certaines installations, il n'est pas possible de faire reposer les câbles porteurs sur le pont-abri, la ligne passant à une très grande hauteur; dans ce cas, la hauteur de chute des wagonnets est très importante, et la forme adoptée pour les ponts-abris ne peut plus être la forme horizontale ordinaire; on adopte alors un pont en arc de cercle de façon à donner au pont une grande résistance tout en conservant à la construction une légèreté suffisante.

La hauteur du pont, sous le tablier, est généralement de 4 m pour permettre le passage des tombereaux ou autres véhicules sur la route.

Digitized by Google

Pour les chemins publics, dans les villes, cette hauteur est souvent imposée par les administrations qui donnent l'autorisation d'installation.

Dans le calcul des ponts-abris où la ligne ne repose pas sur le pont, il n'y a à tenir compte que de l'effort du vent en long et en travers de la construction et de la force vive développée par la chute des wagonnets qui peuvent se trouver au-dessus de la portée.

Pour les cas où les câbles porteurs reposent sur le pont en plus des efforts comptés ci-dessus, il y a lieu d'ajouter celui déterminé par le frottement des câbles sur les coussinets ; cet effort agit dans le sens longitudinal ; pour le déterminer, on calcule l'effort dû au poids de la charge d'un wagonnet sur le coussinet et on ajoute à cette charge la résultante verticale des tensions du câble porteur, cette pression totale multipliée par le coefficient de frottement du câble sur le coussinet donne l'effort horizontal agissant sur le pont.

Le coefficient de frottement, pour les cas d'un graissage ordinaire, est environ 0,1 à 0,15 ; toutefois, s'il s'agit d'installations faites en pays à température très basse, ce coefficient peut atteindre des valeurs de 0,2 à 0,3 ; il n'est pas rare même, dans certaines contrées de la Russie, de constater au démarrage un coefficient de 0,35 à 0,4, cela s'explique lorsque l'installation ne fonctionne que pendant le jour ; à la reprise du travail en effet, les câbles sont comme soudés par la gelée et la puissance nécessaire au démarrage est plus que le double de celle nécessitée pendant la marche normale.

Le poids des ponts-abris métalliques est d'environ 950 à 1 000 kg par mètre courant pour une portée de 15 à 18 m.

Il arrive aussi que, pour des installations d'un faible tonnage, on fait usage de ponts en bois, ceux-ci sont garnis de planches placées verticalement sur chacune des faces et à claire-voie pour laisser passer le vent et diminuer ainsi la pression horizontale à la partie supérieure.

En dehors des types que nous venons de décrire, il a déjà été construit des ponts suspendus, mais cette pratique ne s'est pas généralisée, quoique d'une construction très légère, comparativement aux ponts métalliques en fers profilés.

Rails de roulement des wagonnets. — Avant d'aborder l'étude des bennes et des chariots, nous allons examiner la façon dont on place les rails de roulement dans les stations.

Les câbles porteurs ne pouvant rationnellement être placés que suivant une ligne droite et, dans certaines installations, les conditions d'établissement ne permettant pas d'observer cette condition d'une voie rectiligne, on est forcé d'avoir recours à des stations d'angle qui dévient la ligne d'un angle pouvant atteindre 90°.

Dans ces stations, les câbles porteurs sont ou déplacés sur le côté du rail où tendus par des contrepoids.

Comme nous l'avons vu précédemment pour les ponts-abris à l'entrée des stations, on place des aiguilles reposant sur le câble porteur et fixées aux rails par un axe permettant l'articulation de l'aiguille, qui s'incline suivant la flèche prise par le câble.

Les rails sont supportés par des cornières auxquelles ils sont fixés par des équerres.

Afin d'éviter un balancement trop important de la benne au passage des courbes dans les stations, il est prévu un guide sur lequel vient s'appuyer la suspension de la benne, cette suspension est généralement munie à cet effet d'un galet guide placé horizontalement et qui roule sur le guide.

Pour arriver à un passage normal et automatique des bennes dans les courbes, il est indispensable que les stations soient prévues avec une certaine longueur de voie droite avant de s'engager dans la courbe ; cette longueur atteint dans certains cas 4 à 5 m suivant qu'il s'agit d'une courbe sur un angle de 15° à 90°.

Avant l'entrée dans la courbe, les rails sont légèrement inclinés vers l'extérieur des poulies c'est-à-dire que le rayon de ces dernières est légèrement inférieur a celui du rail.

La quantité dont doit s'écarter le rail de la poulie est déterminée par la forme des pinces du câble tracteur, qui viennent reposer sur la poulie d'angle en écartant le câble de cette dernière. Dans les stations terminales, les rails sont fixés au moyen de supports en fonte dont le poids varie entre 5 et 10 kg selon l'importance de la capacité des bennes.

Pour faciliter le travail de l'ouvrier préposé à la manœuvre des bennes dans les stations terminales, les rails au sortir de la courbe de décrochage sont légèrement inclinés de façon que le chariot roule sans effort jusqu'à son point de chargement.

Cette inclinaison varie de 10 à 12 mm : m, lorsque la vitesse du câble tracteur ne dépasse pas 1,500 m : sec si cette vitesse atteint 2,50 m, l'inclinaison des rails ne peut dépasser 6 à 8 mm : m, car si l'on adoptait une inclinaison supérieure, les wagonnets viendraient buter les uns contre les autres sans qu'il soit possible de les arrêter à temps.

Le rayon adopté dans les courbes, où les wagonnets tournent automatiquement lorsqu'ils sont décrochés du câble tracteur, est généralement de 5 m ; toutefois pour une vitesse du câble tracteur de 2,5 m : sec, les wagonnets quittant le câble avec une vitesse initiale assez grande, on peut descendre jusqu'au rayon de 4 m qui est toutefois un minimum. La hauteur à laquelle sont placés les rails dans les stations est généralement de 1,90 m à 2,00 m de manière à permettre un passage facile sous la voie.

La distance à laquelle doivent être placés les supports des rails varie avec la section adoptée.

Pour un faible tonnage unitaire, qui ne dépasse pas 500 kg, on fait quelquefois usage d'un plat arrondi à sa partie supérieure ; mais dès que la charge dépasse la valeur ci-dessus, on emploie des profils spéciaux dont la forme est représentée par les figures 13 et 14, le premier qui est le plus petit a généralement une hauteur de

Digitized by Google

130 mm et une largeur de boudin de 30 mm ; son module de résistance est 70 cm³ et son poids d'environ 17 kg par mètre courant ; le second, qui est le plus grand profil employé, a 200 mm de hauteur et une largeur de boudin de 40 mm ; son poids propre est de 27,5 kg au mètre courant, son module de résistance est de 145 cm³ ; on voit que ce dernier modèle est beaucoup plus résistant, il est en effet trois fois plus fort qu'un plat dont le poids propre est le même.

La distance à laquelle doivent se trouver les uns des

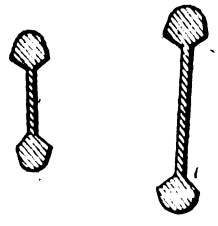


Fig. 13 et 14. — Profils de rails de roulement.

autres les supports du rail, varie avec le tonnage unitaire et le profil du rail adopté.

Dans certaines installations que j'ai été appelé à vérifier, j'ai constaté que certains constructeurs exagèrent la portée des supports de rail.

Il est en effet nécessaire, pour le calcul de ces portées, de tenir compte de la vitesse du câble tracteur de la charge et du balancement de cette dernière.

Pour le profil de la figure 13 dont $\frac{I}{V} = 70$ cm³ on peut adopter les données suivantes, P étant le poids d'un wagonnet chargé et marchant à une vitesse qui n'est pas supérieure à 2,50 m : sec.

$P =$	500 kg	portée = 3,00 m
$P =$	800 kg	portée = 2,400 m
$P =$	1 100 kg	portée = 2,000 m

Pour le cas du profil de la figure 14 dont $\frac{I}{V} = 145$ cm³ on aura

$P =$	800 kg	portée = 3,600 m
$P =$	1 000 kg	portée = 3,400 m
$P =$	1 150 kg	portée = 3,100 m

Ces valeurs doivent autant que possible être observées, car, dans les cas contraires, il arrive souvent que les rails subissent un flambage latéral qui peut donner une flèche de 15 à 18 mm. On constate alors un balancement anormal des bennes et une déformation des rails qui est nuisible à la bonne marche de l'installation.

Aiguilles de déviation. — Dans les stations, terminales il existe presque toujours plusieurs directions empruntées par les wagonnets soit pour le chargement ou le déchargement à différents endroits, soit pour le garage des wagonnets.

La voie principale dans ce cas est divisée en plusieurs tronçons dont le changement de direction est obtenu par des aiguilles. Ces aiguilles peuvent être aussi employées pour des croisements de voies à angles droits ; dans ce cas elles sont dites basculantes, c'est-à-dire que leur mouvement a lieu dans le plan vertical. Le point d'articulation de la partie mobile doit toujours se trouver sur le rail d'arrivée du wagonnet vers l'aiguillage comme représenté par la figure 15 ; le wagonnet en

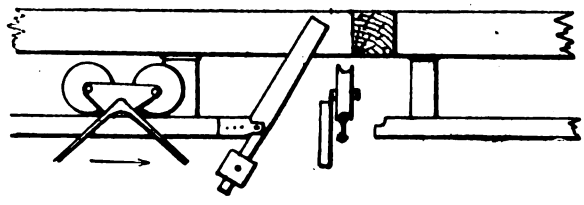


Fig. 15. — Croisement de voies pour un sens de marche unique.

arrivant à l'aiguillage, qui est toujours relevé par l'influence d'un contrepoids, vient buter avec son galet avant sur l'aiguille pour la rabattre et fermer ainsi le circuit de la voie, il en est de même pour les wagonnets circulant sur la voie perpendiculaire à la première.

Ces aiguilles ne sont pas recommandables pour des charges dépassant 300 kg et pour une vitesse de marche supérieure à 80 cm : sec, car dans le cas de charges importantes marchant à une vitesse de 1 m ou 2,50 m : sec, le rabattement de l'aiguille est trop brutal et le support sur lequel vient buter l'extrémité de l'aiguille ne résiste pas longtemps aux chocs répétés de cette dernière.

Lorsque le mouvement a lieu dans les deux sens, cas qui est très rare, on emploie, comme le montre la figure 16,

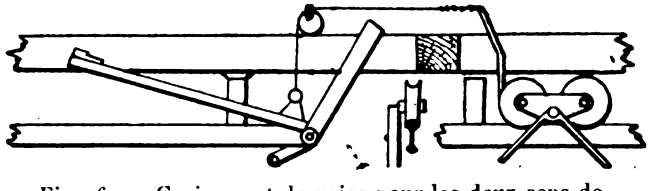


Fig. 16. — Croisement de voies pour les deux sens de marche.

un levier de relevage relié à une cornière par un câble muni d'un ressort amortisseur.

Le galet avant du chariot vient buter sur l'extrémité du levier et opère le rabattement de l'aiguille avant son passage. Dans les déviations de la voie, on emploie des aiguilles courbes articulées horizontalement par une manette et un câble comme il est indiqué sur la figure 17.

Dans ce cas, l'extrémité de l'aiguille est taillée en biseau de façon à obtenir un mouvement doux du wagonnet lorsque ce dernier s'engage sur la voie ; en outre la pointe de l'aiguille épouse la forme du rail, de manière que celui-ci retienne l'aiguille pour empêcher son retour en arrière pendant le passage des wagonnets.

Cette disposition employée par beaucoup de construc-

Digitized by Google

teurs possède un plan incliné sur lequel circule l'articulation des tringles de manœuvre, de telle sorte que l'aiguille est soulevée légèrement pour retomber ensuite sur le rail qui sert de retenue.

Cette dernière disposition n'est employée généralement que dans les stations où les wagonnets sont poussés à la main ou descendent automatiquement sur la voie légèrement inclinée.

Dans ces stations, en effet, se fait le chargement ou le

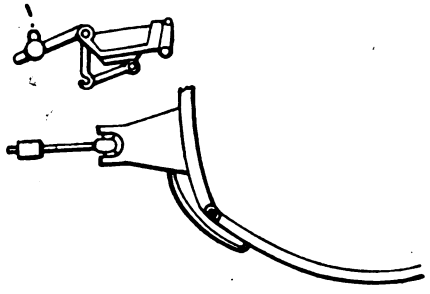


Fig. 17. — Déviation de voie.

garage des wagonnets et un homme est préposé à la manœuvre des aiguillages pour diriger les wagonnets dans la direction désirée.

Mise à terril. — Dans les installations destinées à la mise à terril des déchets provenant des charbonnages, ou du laitier des hauts fourneaux, on fait usage d'une voie supportée par une charpente en bois ou métallique dont l'extrémité permet aux wagonnets de faire un circuit complet après avoir effectué le déversement automatique de la benne.

La charpente ou poutre métallique doit être installée suivant une pente qui se rapproche le plus possible du talus naturel de la matière transportée; sur le parcours est installé le levier culbuteur de la benne de manière à obtenir la vidange en un point choisi à volonté.

Pour le cas du mouvement ascensionnel, la benne étant inclinée vers le bas et le levier de déclanchement étant placé à l'avant, le basculage a lieu normalement, il en est de même lorsque la benne se trouve à l'extrémité de la courbe de retour.

Dès que l'on veut obtenir le déversement sur la pente de descente il faut employer un autre dispositif, car la benne ayant toujours la même inclinaison (fig. 18), le levier est écarté du déclanchement et le déversement ne peut plus se faire.

Pour tourner la difficulté on peut employer des bennes avec deux leviers de déclanchement placés, un à l'avant et l'autre à l'arrière de manière que l'enclanchement soit fait au préalable pour un déversement déterminé.

Cette disposition est importante dans l'utilisation complète du terrain qui, dans certains cas, est une question de première nécessité.

Les stations de mises à terril que nous venons d'indiquer sont construites de façon à pouvoir être allongées au fur et à mesure que l'emplacement du déversement est comblé.

A cet effet, les poutres supportant la voie sont construites par tronçons de 4 à 6 m que l'on rapporte à l'extrémité de la voie au moyen de boulons dont les trous sont prévus pour recevoir dans la suite le prolongement des voies.

Pour des raisons administratives, la hauteur des terrils ne pouvant dépasser une certaine limite, lorsque la hauteur est atteinte, la voie redevient horizontale et le déversement a lieu sur toute la longueur du terrain destiné à cet usage.

La hauteur des terrils atteint parfois 40 à 45 m, mais pour arriver à cette hauteur, il faut que la base dont on dispose soit suffisante pour obtenir le talus naturel. Si l'on transporte de la matière dont le talus est en pente rapide, il est nécessaire, pour atteindre une grande hauteur, de faire usage de chariots permettant de gravir une pente très forte.

L'auteur de la présente étude a fait breveter un appareil permettant de monter des pentes de 40° et passant automatiquement dans les courbes des stations.

Le pinçage du câble tracteur dans ce dispositif est obtenu par le poids de la charge et est en outre progressif.

Nous nous arrêterons plus longuement sur cette disposition dans le chapitre des chariots divers employés dans ces installations.

Dans les mises à terril, la vitesse du câble tracteur n'est généralement pas aussi grande que pour les voies en palier, la puissance motrice dans ce cas étant beaucoup supérieure à ce qu'elle est dans les voies horizontales.

Dans ce dernier cas, on adopte des vitesses qui atteignent parfois 2,50 m : sec, tandis que pour les mises à terril elle n'est généralement pas supérieure à 1 m : sec.

A cet effet, à la station d'arrivée des wagonnets il existe toujours une partie de la voie horizontale; un treuil spécial est affecté à la montée sur la voie inclinée ; les wagonnets sont donc décrochés automatiquement du câble tracteur de la voie aérienne pour être poussés à la main, à l'accrochage du câble de la mise à terril.

Utilisation des transports aériens. — L'utilisation des transports aériens pour le transport des matières premières étant beaucoup plus économique que tous les moyens employés jusqu'à ce jour, beaucoup d'industries commencent à envisager l'utilisation de ces installations.

Nous pensons qu'il n'est pas inutile d'indiquer les cas où ces appareils sont utilisés avec succès, nous allons donc énumérer les diverses industries qui en font usage.

En dehors des installations de mise à terril pour charbonnages ou transport de laitiers, nous pouvons indiquer une série d'autres branches de l'industrie où ce moyen de manutention est appelé à rendre les plus grands services en assurant une alimentation continue et régulière soit des fours ou hauts fourneaux et cela avec une main-d'œuvre réduite à sa plus simple expression.

Pour le transport du coke et du minerai destiné aux hauts fourneaux par exemple, si ces matières premières

Digitized by Google

arrivent par voie fluviale, quelle que soit la distance à laquelle se trouve les hauts fourneaux à desservir, on peut toujours effectuer le transport au moyen d'un transport aérien.

On installe une station au bord du fleuve, cette station est formée d'une série de silos dans lesquelles sont déversées les matières premières retirées des bateaux au moyen d'une grue à benne preneuse automatique.

Il en est de même dans le cas où ces matières arrivent par wagons, l'opération de la mise en silos étant faite par les mêmes moyens.

Dans certains cas mêmes, les deux sont prévus de façon à ne pas être pris au dépourvu.

Les silos sont munis de goulotte, dont il suffit de soulever le registre pour obtenir la vidange au moment voulu.

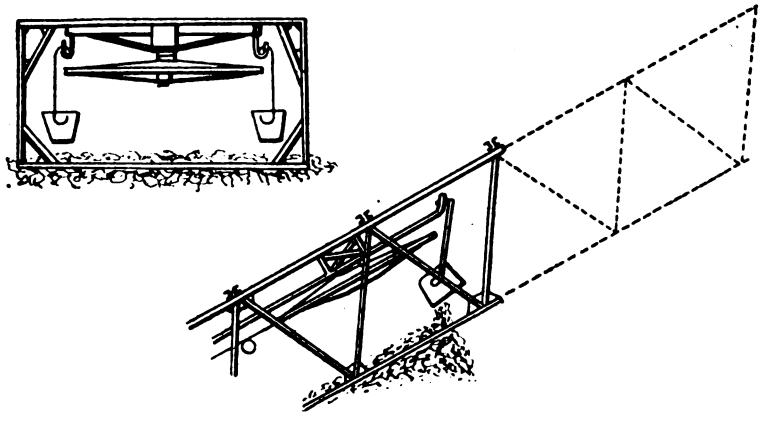


Fig. 18. — Mise à terril. Station terminale.

Cette vidange a lieu dans les bennes du transporteur aérien qui sont poussées à la main sous la goulotte.

Le remplissage des bennes étant fait, celles-ci sont rendues libres sur la voie inclinée et se dirigent vers l'accrochage automatique au câble tracteur.

Le parcours des bennes se faisant automatiquement sur tout le parcours de la voie, quels que soient les angles à traverser, elles arrivent à la partie supérieure du gueulard du haut fourneau sans qu'il soit nécessaire de s'en occuper.

Le déversement s'effectue également d'une façon automatique et le retour a lieu jusqu'au point de départ.

S'il s'agit de transporter les matières à une faible distance, on peut se dispenser de faire usage de câbles porteurs et, dans beaucoup de cas, il suffit de prévoir deux poutres supportant les rails de roulement des wagonnets.

Ces poutres reposent au départ sur la station et à l'arrivée sur la partie métallique du haut fourneau.

Si l'on veut desservir plusieurs fours au moyen de la

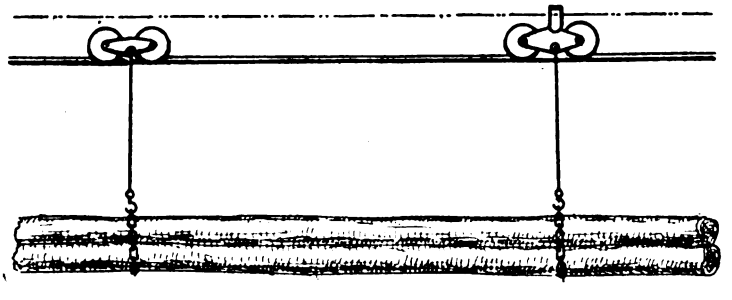


Fig. 19. — Manutention d'arbres au moyen d'un transporteur aérien.

même ligne aérienne, il suffit de faire usage d'aiguilles telles que nous les avons décrites précédemment, permettant de changer à volonté la direction des wagonnets ; ces derniers viennent tourner sur une courbe permettant ainsi le déversement dans l'entonnoir du gueulard. Ce genre de transport est utilisé également, pour le transport à pied d'œuvre du charbon destiné aux fours à coke.

Dans ce cas, la quantité à transporter étant très importante, le tonnage des wagonnets peut atteindre 1 000 kg et le débit horaire varie entre 100 et 200 t : h.

Pont de déversement et pont de reprise. — Certaines installations sont prévues avec pont de déversement servant à la mise en parc du charbon qui est repris au fur et à mesure des besoins par une grue à

Digitized by Google

benne preneuse qui se déverse dans des trémies d'où l'on prend ensuite le charbon pour alimenter les fours.

Ces ponts de déversement, dont la portée peut atteindre 50 à 60 m, permettent le passage des bennes d'une façon continue et automatique sur la voie dont ils sont pourvus et qui est reliée à la voie du transport aérien par des coussinets basculant et glissant sur cette dernière.

Les bennes venant de la voie s'engagent donc sur le coussinet pour passer sur la voie du pont; à cet effet, le câble tracteur est guidé en cet endroit par une poulie semblable à celles employées dans les stations d'angle.

A l'extrémité du pont se trouve également une poulie guide-câble qui renvoie ce dernier en faisant le retour automatique des wagonnets pour qu'ils puissent revenir ensuite, en passant dans la courbe opposée à la première sur la ligne générale.

Le pont de déversement est muni d'un mouvement de translation qui permet d'effectuer le parcours de la longueur du parc, sans qu'il soit nécessaire d'arrêter la marche du câble tracteur et des wagonnets.

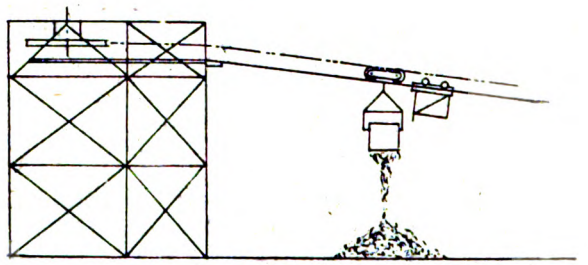


Fig. 20. — Déversement à distance variable.

Cette disposition a l'avantage de desservir toute la surface du parc sans qu'il soit nécessaire d'interrompre la marche de la ligne pour effectuer le déplacement du pont.

Pour la reprise du charbon dans le parc et le transport dans les trémies d'alimentation des fours, il est prévu un pont appelé pont de reprise, sur lequel circule une grue à benne preneuse.

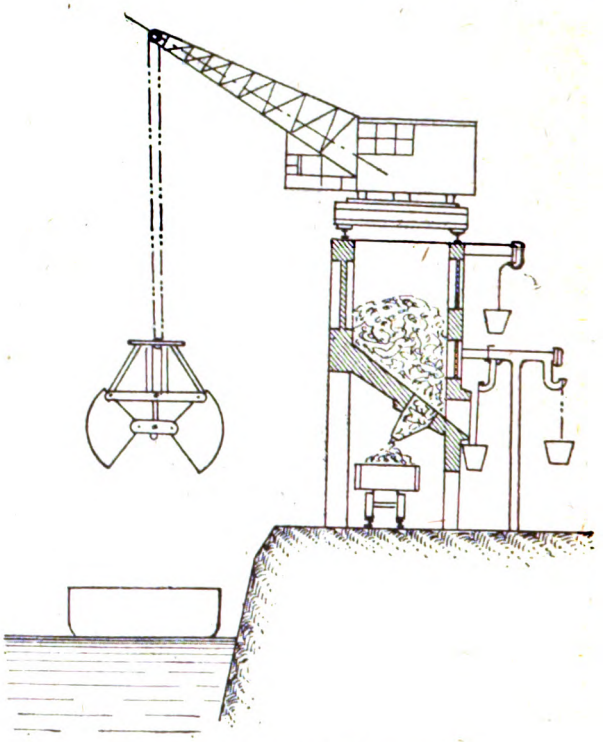


Fig. 21. — Station de chargement.

Ce pont se déplace sur une voie plus large que celle du pont de reprise et la forme est prévue pour permettre le passage du pont de déversement sous le tablier, de manière que les mouvements de translation de ces deux appareils puissent s'effectuer indépendamment sur toute la longueur du parc.

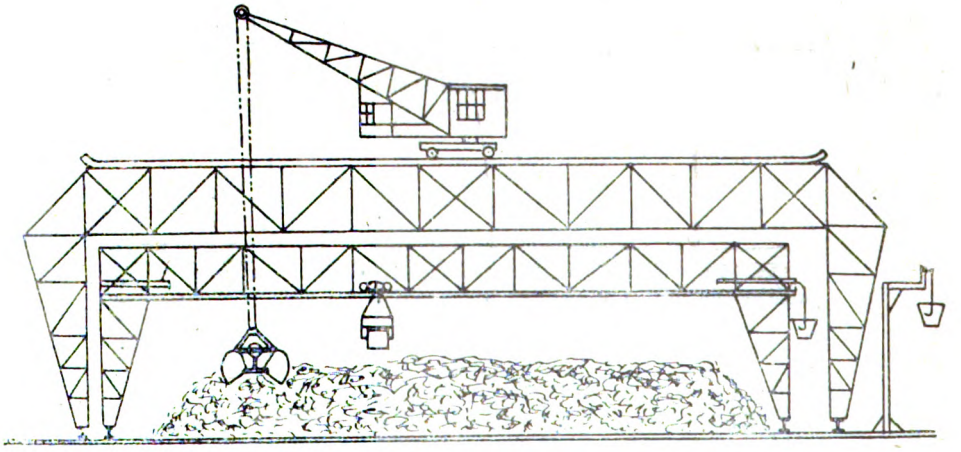


Fig. 22. — Ponts de déversement et de reprise.

Le débit d'une telle installation peut atteindre 170 t à

Digitized by Google

l'heure avec des bennes d'une capacité de 1 400 litres, marchant à la vitesse de 1,30 m : sec.

Le nombre de bennes en mouvement sur la ligne pour un tel débit est de 86, la distance entre chaque benne en mouvement sur la ligne est d'environ 30 m et la force motrice nécessaire ne dépasse guère 55 ch.

Le transport aérien est également utilisé pour la manutention des arbres dans les forêts ; à cet effet, les chariots sont munis d'une suspension possédant des pinces spéciales qui permettent de suspendre les arbres en les prenant par leurs extrémités, on fait également usage de chaînes dans certains cas.

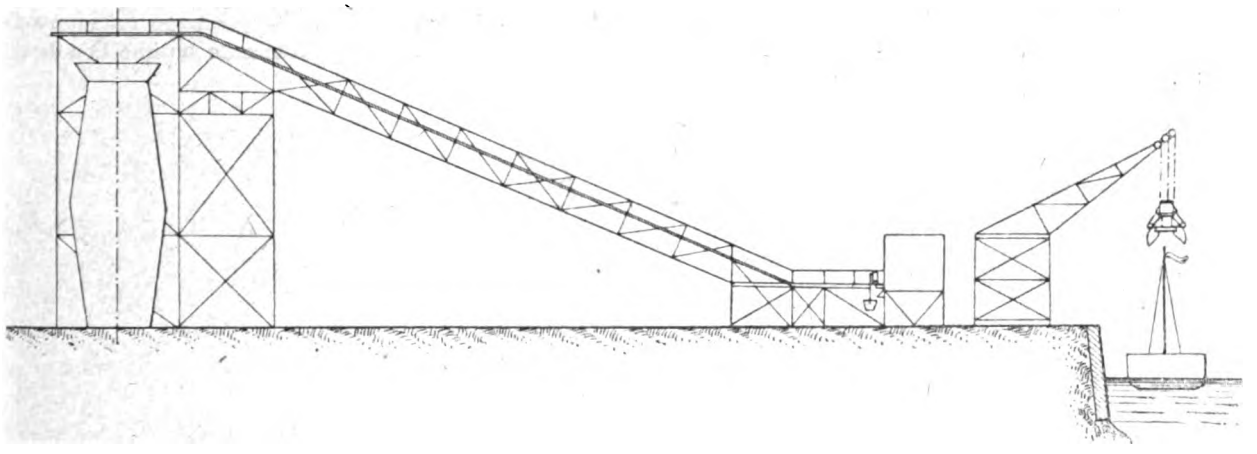


Fig. 23. — Alimentation d'un haut fourneau par un transporteur aérien.

Dans ces installations, on emploie deux chariots par arbre à transporter et les stations d'angle doivent avoir un rayon beaucoup plus grand que dans les autres installations, afin de permettre le passage automatique dans les courbes.

Pour faciliter le décrochage et l'accrochage du câble tracteur, un seul des wagonnets seulement est muni d'une pince, l'autre étant simplement remorqué.

La vitesse du câble tracteur dans ces installations est très faible afin d'éviter un balancement trop important de la charge à transporter, dont les dimensions sont le principal obstacle à l'adoption d'une vitesse très grande.

La disposition des chariots sur le câble porteur est représentée par la figure 19 qui indique une charge de plusieurs arbres transportés en même temps.

Nous avons représenté les différentes installations

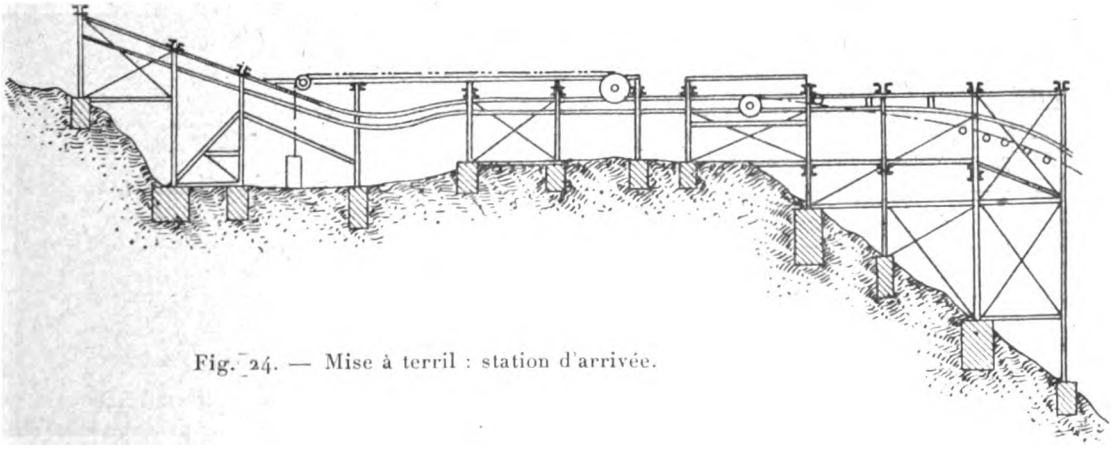


Fig. 24. — Mise à terril : station d'arrivée.

décrites par les figures schématiques 20, 21, 22, 23 et 24.

Dans une prochaine étude, nous examinerons les stations d'angles et les wagonnets dont les types varient avec chaque constructeur.

Pour terminer la question de l'utilité des transports aériens pour la manutention, nous signalerons également l'usage qui en est fait dans les carrières pour le transport du petit granit ainsi que dans les sucreries où ce mode de transport est employé pour la manutention à longue distance de la pulpe nécessaire à la fabrication du sucre ou des sous-produits.

Nous reproduisons sur la figure 25 une installation

Digitized by Google

qui a été créée par l'auteur de cette étude, comme d'ailleurs la plupart de celles indiquées précédemment.

L'installation figure 25 a été construite pour les sucreries de Routschouk en Bulgarie; à la station du départ, qui se trouvait sur le bord du fleuve, a été installé le treuil disposé pour actionner le câble tracteur, en même temps qu'une chaîne de traînage utilisée pour l'avancement des wagonnets sur toute la longueur de la station qui était de 166 m.

A l'extrémité de cette station se trouvent deux poulies d'angle pour la déviation de la ligne qui, de ce point jusqu'à la station d'arrivée, est constituée par deux câbles porteurs.

A la station d'arrivée sont disposées plusieurs voies munies d'accrochage et décrochage facultatifs permettant de diriger dans toutes les directions voulues.

Cette disposition est utilisée lorsque la nature des matières transportées est différente ou que l'on destine

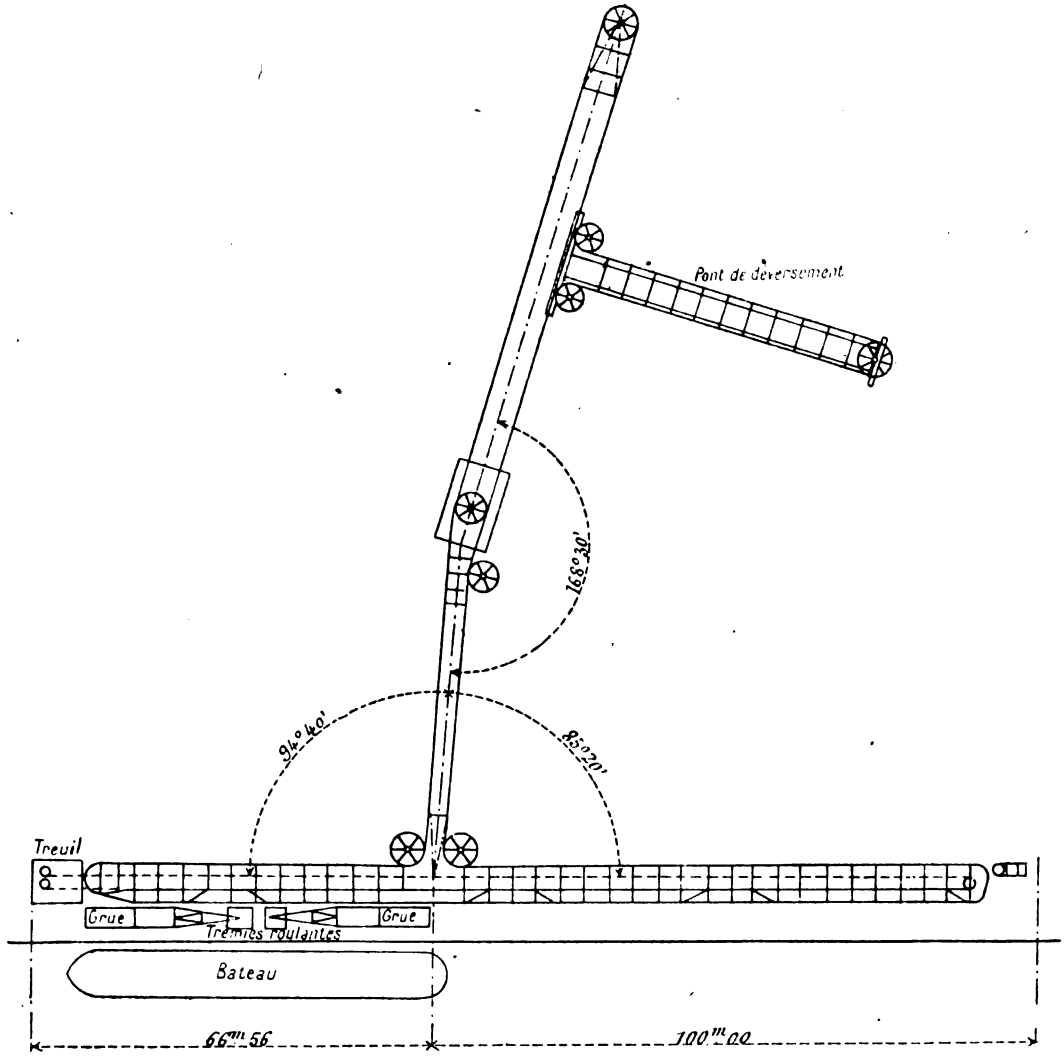


Fig. 25. — Transporteur aérien dans une sucrerie (Routschouk, Bulgarie).

une partie des matières transportées à des opérations différentes.

On utilise avec succès les transports aériens pour l'éloignement des centres industriels et des agglomérations de toutes espèces de déchets inutilisables et qui peuvent être employées à combler certaines vallées.

Dans ces cas, la station terminale est généralement réduite et possède tout simplement une poulie de renvoi permettant le retour automatique des wagonnets. Sur le câble porteur des pleins se trouve fixée une butée qui déclanche les wagonnets à leur passage pour effectuer le déversement.

Cette butée étant mobile sur le câble, lorsque l'on veut changer le point de déversement, il suffit de faire avancer la butée jusqu'au point désiré.

(*A suivre.*)

F. Séba.

Digitized by Google

Les applications de l'électricité dans les camps américains

L'arrivée des troupes américaines en France prenant chaque jour une importance plus grande, la construction de camps modernes et confortables destinés à recevoir nos nouveaux Alliés se poursuit activement en différents points du territoire. Nous avons pensé qu'il serait intéressant pour nos lecteurs de connaître le rôle important que joue l'électricité dans les camps établis aux Etats-Unis. Dans ce but, l'auteur résume ci-dessous les données essentielles concernant cette question, qui ont été publiées dernièrement dans différentes revues américaines (1).

Au moment où cet article a été écrit une armée de plus de 600 000 hommes était à l'entraînement sur toute l'étendue des Etats-Unis. L'armée permanente étant, dans ce pays, réduite à un très faible effectif, rien n'existait pour le logement et le ravitaillement de ce nombreux personnel.

La construction de 16 camps fut donc décidée par le gouvernement de Washington et l'établissement de chacun d'eux fut confié à une commission locale composée d'un officier et d'un certain nombre d'ingénieurs. Tous les projets ont été élaborés à Washington par des spécialistes. En ce qui concerne les applications de l'électricité dans ces camps cette question a été laissée à l'appréciation des commissions locales.

A l'heure actuelle, nos nouveaux alliés affluant en grand nombre en France, de nombreux camps se construisent en différents points pour leur offrir un abri aussi confortable que possible, pendant la période d'instruction qui précède inévitablement leur entrée effective dans le grand combat. Il nous a semblé qu'il serait intéressant pour nos camarades chargés de l'établissement de ces camps de savoir ce qui a été fait à ce sujet en Amérique.

Le peuple américain est fier, et à juste titre d'ailleurs, de la rapidité avec laquelle la construction de ces seize camps a été achevée. Un tel résultat n'a d'ailleurs été obtenu que grâce à un très large emploi de l'électricité.

Le courant électrique a été en effet utilisé pour tous les genres de travaux : travail du bois, fabrication du mortier, distribution de l'eau, fabrication de la glace, ainsi que dans les hôpitaux, les cuisines, les ateliers, en plus naturellement des services téléphoniques et télégraphiques qui jouent ici un rôle important.

Dans les transports sur route seulement, l'électricité n'a pas reçu d'application. Cependant des circonstances spéciales favorisaient le développement de l'emploi des camions électriques pour le transport des matériaux destinés à la construction des camps américains : le courant électrique pour le rechargement des accumulateurs pouvait, en effet, être obtenu sans difficulté et l'extrême importance de la demande du gouvernement pour les camions à gasoline avait mis les constructeurs dans un sérieux embarras.

Chaque camp comprend un certain nombre de baraquements en planches de construction simple; seuls les bâtiments utilisés comme magasins, garages ou salles de machines comportent un revêtement métallique en tôle ondulée sur le toit et les parois.

D'intéressantes dispositions sont prises pour assurer à ces cantonnements de bonnes conditions hygiéniques tout en évitant les risques d'incendie.

Chaque cantonnement comporte une station centrale d'une puissance de 900 kw, 600 kw correspondant à la puissance maximum nécessitée par l'éclairage et 300 kw pour la force motrice.

Nous décrirons, à titre d'exemple, un certain nombre de camps parmi les plus intéressants, bornant nos descriptions à la partie électrique de chacune de ces installations, qui seule nous intéresse particulièrement ici.

Camp de Louisville. — Ce camp fut achevé le premier. Sa construction commencée le 23 juin était complètement terminée le 25 août, c'est-à-dire neuf semaines plus tard.

Au début, des réseaux provisoires d'énergie, de lumière et téléphoniques furent immédiatement établis par diverses sociétés et particulièrement par la Louisville Gas and Electric Company qui assurera la fourniture du courant à l'aide de sa centrale de Waterside. L'installation de l'éclairage des rues du camp ainsi que la construction des réseaux de force motrice et de lumière furent assurées par la même Compagnie au prix de revient.

Les frais d'installation de ce cantonnement doivent être approximativement de 5 millions de francs (1 million de dollars). Il permettra de loger 12 régiments d'infanterie, 3 régiments d'artillerie, 1 régiment du génie, 1 état-major de division et 1 bataillon de télégraphie militaire avec leur matériel et leurs chevaux.

Le premier transport d'énergie qui alimenta le camp fut celui dérivé par la Louisville Gas and Electric Company sur un de ses feeders au moyen de poteaux déjà existants. Une sous-station temporaire de transformation réduisait la tension de 13 200 à 2 300 v. La construction d'une ligne de 12 800 m (8 miles) amenant le courant de la centrale de Waterside fut aussitôt entreprise (fig. 1 et 2). Le prix de revient de cette dernière ligne a été de 150 000 fr (30 000 dollars). Les deux transports d'énergie triphasée à 13 200 v, 60 p:sec aboutissent actuellement à un poste de transformation où la tension est réduite à 2 300 v. De cette sous-station partent un feeder pour la distribution de la force motrice et deux lignes d'éclairage.

La ligne de force motrice, établie ainsi que les deux

(1) *Electrical Review*, Chicago, 25 août 1917;
La Nature, 24 novembre 1917;
Génie civil, décembre 1917.

Digitized by Google

autres en fils de cuivre, alimente les 5 moteurs de 50 ch à 2 200 v commandant les pompes centrifuges pour la distribution de l'eau. Celle-ci, amenée au camp par la canalisation de la Louisville Water Company, est refoulée dans un château d'eau d'une capacité de 4500 m³ (1 million gallons) d'où elle est distribuée en tous les points du cantonnement.

La distribution de l'eau dans les camps américains joue en effet un rôle important. Le débit minimum est estimé à 250 l (55 gallons) par tête et par jour, ce qui correspond à 9 000 à 110 000 m³ par jour pour une population de 36 000 à 45 000 hommes. La pression de distribution est de 4 à 6 kg : cm² (60 à 85 pounds par inch carré).

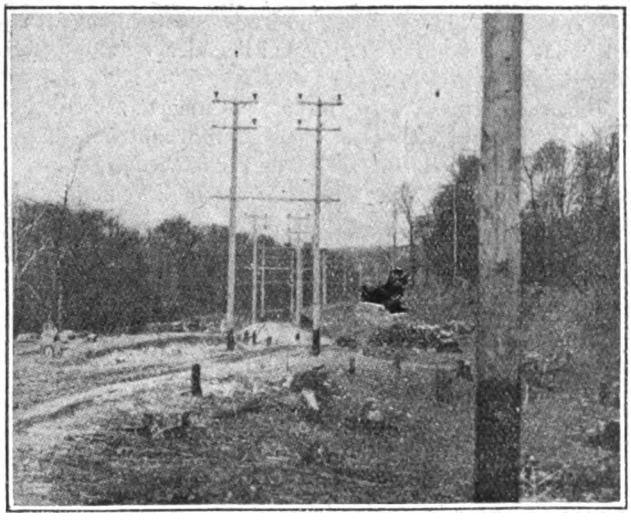
Le réseau qui dessert les baraquements est constitué par des lignes monophasées alimentant les transformateurs de distribution. Ceux-ci sont au nombre de 81, de puissance allant de 1 kv-A jusqu'à 20 kv-A, la tension au secondaire, à 3 fils, étant 110-220 v.

Pour l'éclairage extérieur, on emploie sept transformateurs de 5 kv-A à courant constant sur poteaux, chacun d'eux étant pourvu d'un interrupteur dans l'huile du type étanche.

De chaque transformateur part un circuit alimentant en série 45 lampes Mazda type C, de 100 bougies, 6,6 A, montées sur supports en col de cygne avec réflecteurs Wheler.

L'installation complète comprend 1 100 poteaux, la plupart en cèdre, de 10 à 13 m (35 à 45 pieds) de hauteur, également utilisés par les lignes téléphoniques et télégraphiques.

L'éclairage intérieur est réalisé au moyen de lampes Mazda de 40 w et a nécessité plus de 300 000 m (1 million de pieds) de fil et 20 000 douilles de lampes. La standardisation a été la règle générale dans ces installa-



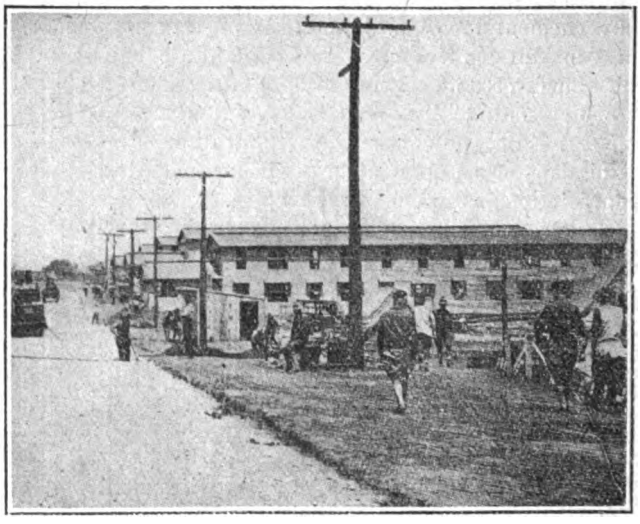


Fig. 1. Ligne de transport alimentant un cantonnement. — Fig. 2. Ligne de transport de la Louisville Gas and Electric Company alimentant le camp Zacharie Taylor (près de Louisville).

tions de façon à faciliter le changement des pièces détériorées.

Camp de Rockford (Illinois). — Ce cantonnement, connu sous le nom de Camp Grant, comprend 11 000 baraquements. Le courant est amené sous une tension de 13 800 v et distribué dans le camp à 2 300 v.

L'éclairage extérieur est réalisé au moyen de lampes fixées aux quatre angles de chaque bâtiment; l'éclairage intérieur est assuré par 16 lampes de 60 w dans chaque baraquement.

La puissance totale des moteurs installés, particulièrement pour la commande des pompes, est de 700 kw, mais étant donnée l'intermittence de leur fonctionnement leur puissance effective n'est que de 300 kw.

Camp Devers. — Ce camp établi à Ayer (Massachusetts) comprendra 1 118 baraquements et pourra recevoir 37 800 hommes.

L'énergie électrique est fournie par le réseau à 66 000 v de la New England Power Company. Dans ce but une ligne sur pylônes métalliques de près de 20 km (12 miles) de long est en construction. Une sous-station transformatrice comprenant trois transformateurs de 500 kv-A de la G. E., établie dans le camp même, abaissera la tension à 2 300 v.

La construction du réseau de distribution sur poteaux de bois nécessitera une quantité de fil évaluée à 600 000 m (2 000 000 de pieds), l'éclairage emploiera environ 30 000 lampes à incandescence de 25 à 200 w.

Un grand nombre de moteurs d'induction Westinghouse d'une puissance unitaire de 7,5 ch, 220 v, 1 740 t : min sont actuellement en fonctionnement pour la commande des machines à bois, par courroies de faible longueur. L'éclairage des scieries est assuré par des lampes Novalux de la General Electric de 600 à 1 000 bougies.

L'eau pour le réseau d'égouts est fournie par des

Digitized by Google

pompes commandées par un moteur de 100 ch. En outre, deux moteurs de 150 et 250 ch entraînent les pompes fournissant l'eau pour les autres besoins : alimentation, protection contre l'incendie, etc. Des dispositions spéciales sont prises contre les incendies : tour d'observation, téléphone, etc.

Le service téléphonique comprend un double réseau, l'un à la disposition de l'autorité militaire, l'autre pour les besoins de l'entreprise de construction. Le tableau unitaire du modèle le plus récent comprend douze fiches. Le tableau de l'entrepreneur est relié à 65 stations. Dix lignes le mettent en communication avec Ayer, deux avec Boston et une avec Springfield.

Camp Gordon (Géorgie). — Le Camp Gordon également connu sous le nom de cantonnement de Silver Lake est situé à environ 16 km d'Atlanta.

L'énergie électrique à 22 000 v sera fournie par la Georgia Railway and Power Company. Un poste de transformation sera établi près de Buckhead pour l'alimentation des prolongements des voies ferrées de cette Compagnie; il comprendra sept transformateurs monophasés de 185 kv-a, 22 000/430/287/143 v, 25 p : sec et deux convertisseurs rotatifs de 500 kw, 25 p : sec. Le poste de transformation du camp est du type extérieur sur ossature métallique et comprendra trois transformateurs monophasés de 250 kv-a, 22 000/2 300 v, 60 p : sec. La force motrice et la lumière seront fournies, pendant le cours des travaux, par une sous-station extérieure provisoire.

L'alimentation du cantonnement en eau sera assurée par la ville d'Atlanta à l'aide d'une canalisation de 15 km de longueur déversant l'eau dans cinq réservoirs en bois spécial d'une capacité de 900 m³ (200 000 gallons) chacun. L'installation de distribution d'eau comporte en outre cinq pompes centrifuges accouplées directement à des moteurs d'induction.

Pierre Guieu,

Officier d'artillerie attaché à la Mission française près l'armée américaine.

Revues, analyses et informations

La fabrication des briques de silice [1].

Nous avons déjà donné dans la « R. G. E. » du 5 janvier 1918, t. III, p. 19, une étude de MM. H. Le Chatelier et B. Bogitch sur les propriétés réfractaires de la silice ; nous analysons ci-dessous une nouvelle note que ces savants ont présentée à l'Académie des Sciences et où ils étudient l'influence de la constitution physique et chimique de la pâte soumise à la cuisson sur la qualité des briques de silice obtenues.

Pour fabriquer les briques de silice, on emploie généralement des quartz ne renfermant pas plus de 3 pour 100 d'oxydes basiques (fer, alumine et alcalis) additionnés de 2 pour 100 de chaux éteinte, de façon que les briques obtenues ne renferment pas plus de 5 pour 100 d'impuretés, car, au delà de ce chiffre, elles deviendraient trop fusibles pour être employées dans les fours d'aciéries.

Composition granulométrique. — On fait généralement entrer dans la pâte une certaine quantité de gros grains, atteignant parfois 100 mm, et dont le but est d'empêcher la propagation des fentes qui tendent à s'amorcer pendant la cuisson. Cependant, il ne faut pas exagérer les dimensions des grains, car le gonflement qui accompagne la transformation du quartz en silice à faible densité tend à provoquer des fentes d'autant plus facilement que les grains sont plus gros et la dimension de 5 mm semble celle qui donne les meilleurs résultats.

D'un autre côté, il est indispensable d'avoir dans la pâte une forte proportion de quartz impalpable, la recristallisation de la silice étant d'autant plus rapide, toutes choses égales d'ailleurs, qu'il y a plus de quartz fin et même très fin dans le mélange soumis à la cuisson.

La solidité à haute température des briques de silice est due à la formation d'un réseau de tridymite qui résulte de la dissolution passagère du quartz suivie de la cristallisation de tridymite moins soluble.

Le magma visqueux dans lequel se fait cette dissolution n'attaque que très lentement et sur une faible épaisseur les grains de quartz (environ $\frac{1}{100}$ de millimètre). Seuls les grains de moins de 0,03 mm se dissoudront complètement et seront les éléments les plus actifs de la formation du réseau. Dès la première cuisson de la brique, vers 1 400°, le réseau doit être très développé, car aux températures voisines de 1 700° des fours à acier, il se dissoudra partiellement dans le magma en raison de la solubilité croissante de la silice avec la température. Et si la proportion de fin employée dans la fabrication des briques est insuffisante, les gros grains nageront dans un verre plus ou moins liquide, la brique aura perdu toute solidité et s'effondrera sous son propre poids.

Les auteurs ont voulu vérifier cette hypothèse par l'expérience, ils ont préparé de petites briquettes en prenant pour impalpables des slimes de mines d'or débarrassées de leurs impuretés, et pour gros grains un quartzite écrasé dans un concasseur à mâchoires. Le produit était tamisé de façon que les plus gros grains aient 4 mm de côté. Ils additionnèrent au mélange 2 pour 100 de chaux et effectuèrent le moulage à la main. La cuisson fut faite dans un four industriel cuisant la brique de silice en cinq jours et arrêtant le feu à une température comprise entre 1 400° et 1 450°.

A cette série faite avec les slimes, les auteurs ont comparé d'autres briques de composition et de fabrication identiques, mais où ils avaient substitué aux slimes des poussières de quartz dont la grosseur de grain était d'environ $\frac{1}{10}$ de millimètre.

Les conclusions des essais sont les suivantes :

1° La substitution au fin d'impalpables augmente consi-

[1] H. Le Chatelier et B. Bogitch. *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 26 novembre 1917, t. CLV, p. 742.

Digitized by Google

dérablement la résistance mécanique des briques à la température de 1 600°;

2° La proportion de 25 pour 100 d'impalpables donne des résultats bien supérieurs à celles de 75 pour 100 qui présentaient toutes des amorces de fentes.

Pour vérifier ces résultats et s'assurer de la convenance de la proportion de 25 pour 100 d'impalpables, les auteurs ont refait des briquettes avec un autre quartzite d'une transformation moins facile par la chaleur et les ont fait cuire à une température de cuisson comprise entre 1 400° et 1 450°. Les résultats ont confirmé les précédents et montré, de plus, que les briques fabriquées industriellement à la presse ne donnent pas de meilleurs résultats que celles fabriquées à la main. C'est donc une erreur d'apprécier la qualité d'une brique par sa résistance à froid.

ETAT CHIMIQUE DE LA SILICE. — Le gonflement qui accompagne la transformation du quartz en silice à faible densité tend à diminuer la compacité et la solidité des briques. Les auteurs ont voulu savoir si, en remplaçant le quartz cru constituant les gros grains du mélange par du quartz déjà transformé par une cuisson préalable, on améliorerait la qualité des briques. Les résultats ont montré qu'il ne semble pas avantageux, au moins pour les quartz facilement transformables, de leur faire subir une calcination préalable à température élevée pour les transformer en silice à faible densité avant de les introduire dans la pâte de la brique.

NATURE DU FONDANT. — Les auteurs ont cherché si on pouvait remplacer la chaux par un autre agglomérant. Ils ont essayé des argiles très fusibles à la fois ferrugineuses et alcalines qu'ils ont introduites dans la proportion de 6 pour 100 qui correspond à 2 pour 100 d'oxydes basiques : alumine, fer et potasse.

Les résultats obtenus sont inférieurs à ceux donnés par la chaux ; cependant, il est à remarquer que les briques à l'argile fusible ne se brisent pas dans l'essai à 1 600° comme les briques à la chaux, mais cèdent progressivement.

Les auteurs terminent en disant que la conclusion pratique de leur étude est que la meilleure composition des briques de silice est la suivante : 25 pour 100 de quartz impalpable, c'est-à-dire dont les grains soient de l'ordre de grandeur de $\frac{1}{100}$ de millimètre et 75 pour 100 de quartz grossier dont les plus gros grains ne dépasseraient pas 5 mm.

La préparation de l'impalpable se fait au moyen d'un tube broyeur à galets de silex et peut être obtenue facilement en partant de sables naturels très fins. Les cylindres broyeurs donnent les meilleurs résultats pour la préparation du quartz grossier.

Frein magnétique Westinghouse pour ascenseurs (1).

En général, les ascenseurs fonctionnant à courant alternatif dépendent complètement d'un mécanisme de freinage à friction pour l'obtention de la douceur de la marche et pour les arrêts.

Un accident au frein peut se traduire en dommages pour les passagers. On peut éviter ces accidents en munissant le frein d'un aimant. La Westinghouse Electric and Manufactury Company a créé un type d'aimant qui donne une sécurité de fonctionnement parfaite. Cet aimant peut être utilisé avec des moteurs à 220, 440 et 550 v à 25 ou 60 p : sec à courant di ou triphasé. L'aimant complet est compact et

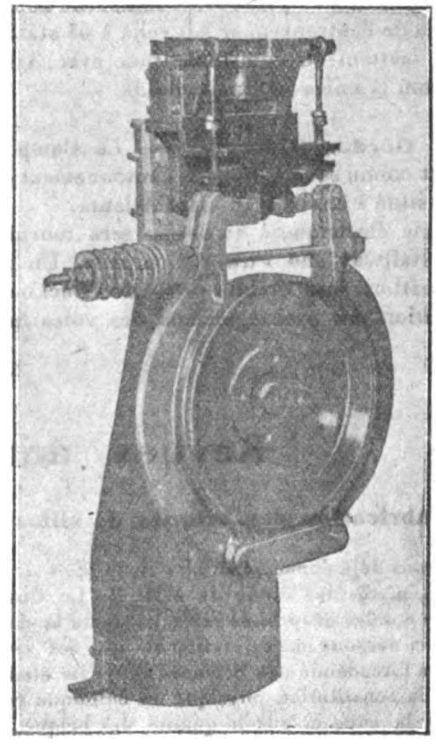


Fig. 1. — Frein magnétique pour ascenseurs (système Westinghouse).

très léger son poids est de 30 kg. Le fonctionnement de l'aimant est le suivant : lorsqu'aucun courant n'alimente le moteur le frein est au repos, supporté par un ressort.

Lorsque le moteur démarre une partie du courant passe par les bobines shuntées de l'aimant. L'aimant entre en jeu et l'armature est attirée vers le bas.

La course de l'armature qui est d'environ 6 mm donne un déplacement horizontal de 1,5 mm à chacune des extrémités inférieures des leviers, comprimant les ressorts et libérant le frein. Quand le courant baisse ou manque, l'armature est abandonnée par l'aimant et le frein est appliqué sous l'action des ressorts.

P. G.

(1) *Electrical Review* (Chicago), 4 août 1917, t. LXXI, p. 201-202, 300 mots, 2 fig.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

La standardisation aux États-Unis

Cet article reproduit une conférence (1) faite par l'auteur à l'École supérieure des Postes et Télégraphes au retour d'une mission aux Etats-Unis.

1. La standardisation est évidemment, pour nous autres Français, de la plus grande actualité. Quelles que soient les réparations que la victoire finale puisse apporter à nos populations éprouvées, ce serait se leurrer étrangement que de croire que la Nation puisse reprendre son essor sans un effort très vigoureux de la part de chacun de nous : il faudra travailler, et il faudra organiser la production, cela pour deux raisons : il y aura lieu, d'une part, de reconstituer l'outillage détruit, le capital anéanti ; il faudra, d'autre part, tenir compte de la diminution de la population active ; en même temps que la tâche à accomplir aura grandi, le nombre des travailleurs disponibles aura diminué.

Certes, il n'y a jamais eu un intérêt quelconque à ralentir la production, puisque toutes les augmentations de produits qui résultent de l'activité industrielle tendent à diminuer le prix de vente, au grand bénéfice des consommateurs ; or, ceux-ci sont constitués en majeure partie par l'ensemble des travailleurs de l'usine et de la terre ; mais si la crainte du chômage a pu troubler quelques esprits, qui préfèrent réduire les forces créatrices de la richesse publique, alors que si l'on pouvait provoquer de nouvelles activités et stimuler les initiatives, la prospérité des usines constituerait un remède bien plus efficace, il est clair que, dans la situation qui va nous être faite, de pareils scrupules ne sont plus du tout de mise. Le relèvement national, celui des finances publiques et celui de la natalité exigent que l'on fasse un effort intense, pour développer le commerce et l'industrie.

Si donc le problème essentiel qui se présente, et qu'il n'est pas possible d'éluder, est celui de la production, il s'agit de savoir comment on peut produire en grand et avec économie. Il m'a semblé que notre mission en Amérique pouvait fournir quelques données à cet égard.

En tout cas, elle nous a suggéré quelques réflexions que nous vous demandons la permission de vous soumettre.

Sans doute, rien de ce que j'ai à vous dire n'est inconnu ni inédit ; et je savais par bien des publications déjà que cette organisation existait ; la préférence accordée si souvent aux machines-outils américaines est un indice suffisant pour éveiller l'attention, mais c'est seulement au cours de notre séjour en Amérique que nous avons été frappés de son existence, c'est seulement à ce moment que ces méthodes ont cessé d'être pour nous un simple objet de curiosité. C'est voir les choses vraiment pour la première fois que de les voir en en comprenant enfin l'importance. C'est alors que s'ouvre la source de l'enthousiasme et qu'au lieu de décrire les procédés avec une sécheresse scientifique, on se met à prêcher une doctrine avec la conviction et le zèle d'un disciple convaincu.

2. En tête de cette organisation industrielle, nous trouvons le National Research Council, le Bureau of Standards, les bibliothèques et les Universités. Mais la Western Electric Co et la General Electric Co ont de puissants laboratoires. Dans toutes les parties des usines se trouvent des bureaux d'études. Nous avons pu voir quelques-uns de ces organes directeurs, et nous avons aussi visité d'importants établissements d'exécution : l'usine Ford à Detroit, la Western Electric Co à Chicago, les magasins de Sears Roebuk and Co, etc.

Je chercherai à dégager les idées générales que ces visites m'ont suggérées. Les catalogues de ces grandes sociétés, les comptes rendus de ces institutions constituent des monographies que je n'ai aucunement l'intention de reproduire.

Dans l'idée de M. J.-J. Carty, lorsqu'on se trouve devant un problème à résoudre, la première mesure à prendre, c'est d'investir la personne capable de découvrir la solution, de la charge et de la responsabilité de la trouver effectivement. Cette personne, après avoir envisagé toutes les faces du problème, le décomposera en ses éléments ; et à son tour, elle se choisira les collaborateurs, qui seront chacun les plus compétents et les plus qualifiés pour mener à bien les diverses études partielles, préalablement reconnues nécessaires. Les différents efforts se trouvent ainsi coordonnés et chacun n'a à supporter qu'un fardeau convenable pour ses épaules. C'est de cette façon que le travail peut être distribué, quand une organisation existe, toute formée et que le chef connaît de longue date les aptitudes de chacun. Mais les diverses questions soulevées par la guerre ne relevaient d'aucune organisation antérieure ; c'est pourquoi le National Research Council a été institué ; là un

(1) *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, décembre 1917, 6e année, p. 563-594.

Digitized by Google

programme d'ensemble a été élaboré, et on a demandé aux savants les plus éminents de faire savoir quelles étaient les études dont ils pensaient pouvoir se charger. La voie suivie a donc été un peu différente de celle que préconisait M. J.-J. Carty; mais, en l'espèce, elle paraissait la seule praticable. Et déjà d'importants résultats ont été acquis. Ce que je retiendrai de cette expérience, c'est la coordination des efforts et la subordination acceptée par chacun des membres du concile. On a vu ainsi des savants qui étaient auparavant habitués à soutenir de leurs travaux des sociétés concurrentes, mettre désormais en commun toutes leurs activités cérébrales; et il est bien entendu également qu'aucune application utile ne sera entravée par quelque litige que ce soit concernant des brevets.

C'est avec ce National Research Council que la mission scientifique du ministère de la Guerre, à laquelle nous nous étions joints, s'est mise immédiatement en contact, et c'est grâce à cette circonstance que nous avons pu, dès notre arrivée à New-York, entrer en relation avec les savants les plus éminents et les représentants officiels de la guerre et de la marine. Les lettres de recommandation dont nous avions pris soin de nous munir devenaient superflues devant la cordialité de l'accueil qui nous était fait et nous avons eu ainsi l'accès aux universités, aux laboratoires, aux usines et aux grands postes radiotélégraphiques. Pendant que nous avons étudié la poste, les membres de la mission scientifique exposaient aux Américains les besoins nouveaux de la guerre de tranchée, en leur montrant tous les appareils qu'il y avait lieu de produire ou de perfectionner. Enfin, ils prenaient part à d'assidues délibérations, au cours desquelles, comme bien l'on pense, les méthodes de guerre contre les sous-marins n'ont pas été négligées.

Le Bureau of Standards paraît réunir les deux caractères de laboratoire de recherches, pour des études entreprises dans le seul intérêt de l'avancement des sciences et de laboratoire technique à la disposition de l'industrie. Nous avons vu en œuvre pour l'essai des matériaux magnétiques, pour les mesures téléphoniques, les épreuves d'isolants, etc., des installations très intéressantes; la plupart d'entre elles ont été décrites en détail dans les publications du Bureau of Standards; nous avons demandé immédiatement que quelques-unes de celles-ci nous fussent envoyées; il y aurait une réelle utilité, pour les services techniques de l'Administration, à se tenir en liaison avec cet institut, de façon à profiter de son expérience. Mais comme, dans le domaine expérimental, les descriptions les plus fidèles ne valent pas l'instruction personnelle que l'on acquiert soi-même par la pratique, j'avais un sentiment de regret, en songeant que je ne pourrais être admis à séjourner en personne pendant quelques mois à si bonne école. Et en effet, si intéressantes que soient les théories mathématiques concernant l'étude de l'électricité, il n'en est pas moins vrai que le progrès dépend surtout des études expérimentales; c'est qu'en effet les choses ne se présentent pas dans la pratique avec un degré de simplicité suffisant pour que la philosophie mathématique soit d'un grand secours; aussi ne cesse-t-on, à bon droit, de réclamer : des essais, des expériences, et encore des essais! A quoi bon les calculs, souvent aussi compliqués que peu rigoureux des sciences appliquées, toutes les fois qu'on peut interroger directement la nature!

Dans les autres laboratoires industriels, en principe purement techniques dont nous avons admiré l'étendue, la richesse et l'activité, nous avons aussi observé le mélange de la science pure et de la technique.

Les recherches techniques ne sont pas moins scientifiques que les recherches théoriques. La seule différence, c'est que l'ingénieur qui travaille dans un laboratoire, dirige ses recherches sur des sujets dont l'intérêt lui est signalé et qu'il a pour objet l'utilité industrielle, tandis que le professeur qui travaille dans une université choisit les matières de ses investigations pour résoudre quelque difficulté d'ordre philosophique et que ses mobiles sont désintéressés. Mais si l'un et l'autre diffèrent sur le but et n'ont pas les mêmes préoccupations, ils ne peuvent différer par les méthodes.

Le succès ne récompensera leurs efforts que si leur activité est menée suivant les règles de la science expérimentale. Il arrive d'ailleurs qu'ils se prêtent un mutuel concours. La limite de leurs domaines respectifs est difficile à saisir quand il s'agit de trouver de nouvelles substances isolantes et magnétiques, d'appliquer de nouveaux procédés pour l'épreuve de ces matériaux. Aussi arrive-t-il parfois que la science vient s'installer dans le laboratoire industriel, sans que nul songe à s'en offusquer. Dans l'un de ces laboratoires, n'ai-je pas vu des modèles représentant la position des atomes chimiques au sein de la molécule d'après les résultats obtenus par les phénomènes de diffraction que présentent les rayons X quand ils viennent frapper les réseaux formés par les alignements moléculaires? Cependant, on peut admettre que ces investigations théoriques s'écartent en général du but de l'entreprise qui les soutient et que la raison principale de leur existence relève de la réclame et de la publicité. Quoi qu'il en soit, on reconnaît ainsi le lien qui existe entre la recherche spontanée et désintéressée et la recherche qui est commandée, parce qu'on présume qu'elle sera rémunératrice. Il ne paraît pas nécessaire de multiplier dans l'industrie les laboratoires de caractère trop scientifique. Il semble préférable, pour économiser des moyens qui ne sont pas illimités, de concentrer les ressources destinées à l'avancement de la science pure sur un laboratoire national de recherches scientifiques qui sera unique et de laisser les laboratoires des diverses industries ou des diverses administrations se spécialiser chacun dans le rôle technique qui lui est propre.

Cette question des rapports de la science et de l'industrie a été traitée d'une façon magistrale par M. J.-J. Carty, à la 33e convention annuelle de l'Institut des ingénieurs américains qu'il présidait à Cleveland en 1916; son adresse a été réimprimée pour le National Research Council. A ceux qui demandent pour les universités des ressources pécuniaires toujours grandis-

Digitized by Google

santes, il fait observer avec finesse que beaucoup peut être fait sans argent. Par exemple, ce n'est pas une question d'argent que de choisir un chef des travaux : il faut qu'il ait l'étincelle sacrée ; et M. J.-J. Carty nous raconte que Sir Humphrey Davy, qui lui-même fut un grand inventeur, se représentant l'importance fondamentale du facteur homme dans la découverte scientifique, dit un jour que sa plus grande découverte n'était autre que Michael Faraday en personne, dont il avait été prompt à reconnaître le génie. Ce n'est pas sortir de notre cadre que de rappeler ici l'opinion de l'ingénieur en chef de l'American Telegraph and Telephone C°, dont nous avons été les hôtes ; il prouve, par lui-même et par l'impulsion qu'il a su donner à la société qu'il dirige, l'importance du chef de travaux. Son rôle est dans le domaine scientifique et technique celui de l'entrepreneur dans le domaine industriel et économique. Souhaitons donc de voir bientôt réaliser le laboratoire scientifique national projeté en France. Puisse-t-il être aux mains d'un accoucheur d'esprits !

Le club des chimistes de New-York, dont M. Bäkeland nous a fait les honneurs, et qui compte plus de deux mille membres, comprend, en dehors des appartements, des salles de restaurant, de conférence, de billard, etc., des laboratoires que l'on prête aux chimistes qui ne disposent pas eux-mêmes des produits et des ustensiles dont ils ont besoin pour poursuivre des recherches personnelles et une bibliothèque fort complète, contenant tous les livres modernes de chimie de quelque utilité, toutes les publications actuelles ; ce sont des instruments de travail, on les consulte librement et directement. Si quelques livres s'égarent, le comité de direction les remplace en fin d'année ; tant de libéralité, malgré quelques abus possibles, a, par ailleurs, tant d'avantages si évidents que le club n'est pas prêt de renoncer à cette ligne de conduite. Nous avons admiré une fois de plus les bienfaits de l'esprit de large confiance et de générosité qui est une des forces de l'Amérique.

Je passe sur l'organisation des musées d'art ou de sciences naturelles, des bibliothèques publiques. C'est à regret, car j'ai toujours le souvenir des groupes en marbre d'une superbe beauté qui décorent les corridors de la bibliothèque municipale de New-York. J'arrive aux usines.

3. A Detroit, nous avons parcouru les usines Ford et, sur la fin de la journée, on nous a donné une représentation de cinématographie, dans une salle de spectacle fort bien aménagée, située je crois dans les sous-sols du bâtiment d'administration. Au premier abord, un Français n'a-t-il pas le droit de s'étonner un peu de rencontrer dans une usine un grand service photographique et un cinéma ? Et pourtant, si l'on approfondit un peu la question, les raisons apparaissent d'elles-mêmes nombreuses et convaincantes. Tout d'abord, une première utilité : l'instruction et l'éducation morale, car aux États-Unis, on ne sépare guère l'une de l'autre. Est-ce que l'instruction et la moralité peuvent être indifférentes à une firme qui emploie vingt mille ouvriers ? N'a-t-elle pas aussi charge d'âmes ? N'oublions pas que H. Ford lui-même a été ouvrier. Reconnaissons-là encore un des traits de l'idéalisme américain.

Mais ces films ne vont-ils pas, par contre-coup, servir la Société Ford et lui constituer la plus attrayante des réclames ? On peut imaginer mieux encore : plaçons tout ce matériel cinématographique sur une automobile Ford, arrêtons l'automobile à un carrefour, tendons une toile et projetons les vues animées ; eh bien ! c'est ce que fait la Société Ford et la foule s'assemble ; et le spectacle, bien qu'il soit combiné dans le dessein d'être entièrement et exclusivement instructif, constitue par-dessus le marché une œuvre très ingénieuse de publicité.

La séance qu'on nous donna se termina d'ailleurs par un tableau patriotique symbolique montrant le Droit, la Justice et l'Humanité aux prises avec le militarisme prussien, mais avec de curieux effets cinématographiques, développant successivement les diverses péripéties de la scène.

Est-ce tout ? Nullement. Il est tout d'abord assez évident que dans toute grande usine on ne peut se passer d'un atelier important de photographie : il y a toute espèce de documents à photographier ; on travaille aussi pour les salles de chirurgie, etc.

Enfin, n'y a-t-il pas les enseignements les plus précieux à recueillir de vues cinématographiques enregistrant les mouvements des meilleurs ouvriers ? ces vues permettant de saisir sur le vif les moyens de faciliter toute besogne manuelle.

Il y a déjà quelques années, j'avais eu l'occasion, pendant le Congrès de Radiologie de Liége, de voir dans les magnifiques établissements Solvay l'emploi du cinématographe pour des recherches de toute nature, physiologiques et industrielles. Le but est scientifique, industriel, sociologique, historique, selon le cas. Il est bien connu que les chirurgiens, en examinant les films qui reproduisent leurs mouvements au cours d'une opération, peuvent se rendre compte avec précision des fautes qu'ils ont commises, des retards qu'ils auraient pu éviter, par une meilleure disposition des objets et des instruments, par les précautions dont ils auraient dû s'entourer. De même, M. Marage a montré une fois devant moi à la Société de Physique, comment, en repliant en une bande sans fin une portion de film, on peut répéter indéfiniment un même mouvement ; dans l'espèce c'était celui des cordes vocales ; il eût été bien difficile de le saisir en ne le voyant passer qu'une fois ; mais la répétition aidant, l'attention étant en éveil au moment précis où va se reproduire le phénomène prévu, si passager qu'il soit, il est facile d'analyser celui-ci et de s'en rendre maître. Mais cette décomposition des temps, que le cinématographe opère d'une façon automatique puisque ces images se succèdent à des intervalles réguliers de l'ordre du vingtième de seconde, est une nécessité de la recherche scientifique dans les travaux industriels. On cite, entre mille autres, cet exemple à l'usine Ford ; les premiers chemins de glissement qui amenaient aux ouvriers chargés du montage des magnétos

Digitized by Google

les diverses pièces détachées avaient tout d'abord été placés trop haut ; en les baissant, on a augmenté de moitié le rendement des ouvriers et on a diminué leur fatigue.

Nous saisissons là sur le vif l'une des règles de la production moderne, qui consiste à éliminer les mouvements inutiles, en en faisant faire l'étude par un homme compétent.

Dans une étude sur le cinéma qui vient d'être publiée à Paris, nous trouvons l'exemple particulièrement intéressant des résultats obtenus par M. Gilbreth, aux États-Unis, dans une fabrique de machines à tresser « la Butt Company ».

« Primitivement, quand toutes les pièces nécessaires à l'établissement d'une machine étaient prêtes, un manœuvre venait les étaler sur la table du monteur qui les prenait alors au fur et à mesure de ses besoins. Le travail semblait marcher à merveille ; pas la moindre apparence de perte de temps. Cependant, ne démordant point de son idée que le meilleur ouvrier, s'il n'a pas une règle de travail établie scientifiquement, fait toujours quelques mouvements qui ne lui servent à rien et qu'il est toujours possible de gagner du temps, M. Gilbreth fit cinématographier, avec le cadran aux millièmes de minute bien en vue dans le champ du film, l'opération du montage. L'étude microscopique du film mit aussitôt en lumière, vingt, trente gestes imposés sans profit aucun à l'ouvrier, par le seul fait que les pièces étaient placées devant lui sans méthode par le manœuvre. Il imagina alors de disposer, à portée de la main du monteur, un tableau muni de crochets, portant chacun un numéro correspondant au numéro inscrit sur chacune des parties appelées à constituer la machine et aux quelles l'aide devait, dans un ordre prescrit à l'avance et immuable, suspendre les pièces qu'il apportait précédemment sans ordre. Le résultat fut merveilleux, et de trente-sept minutes et demie que demandait le travail avant l'épreuve cinématographique, le temps s'abaissa à huit minutes et demie, soit un gain de près des quatre cinquièmes. »

4. Je citerai quelques exemples se rattachant au même ordre d'idée. Il y a, à l'American Telegraph and Telephone Co. des tables de surveillantes, ou pour mieux dire, il y a un local entièrement clos et, en quelque sorte, secret où des surveillantes suivent la marche des communications à grande distance. Mais cette surveillance n'est pas une surveillance qualitative, établie dans le seul but de la discipline et du contrôle du personnel. L'esprit en est tout autre, comme on s'en rend compte par les rubriques de la fiche que remplit la surveillante. Cette fiche comporte bien un blanc spécial pour recevoir les observations, mais elle est constituée principalement pour conserver des indications numériques précises du commencement et de la fin de toutes les opérations élémentaires ; et tous les cas possibles sont minutieusement prévus pour que la surveillante n'ait aucun texte à écrire ; il n'y a pas de perte de temps inutile et les heures sont exactes.

Ce n'est donc pas seulement le zèle de la téléphoniste qui se trouve observé, mais ce sont encore les habitudes et les exigences du public, les facilités des diverses opérations, l'intensité du trafic, l'efficacité des règles adoptées, le rendement des meubles, l'insuffisance éventuelle du réseau interurbain, etc., qui sont l'objet de ce contrôle. Comment une exploitation sérieuse peut-elle se passer de ces données ? Comment satisfaire aux besoins toujours nouveaux de l'exploitation si une enquête permanente ne fournit pas une statistique sûre et les éléments primordiaux des études de perfectionnement ? La mesure des temps est donc essentiellement à sa place dans la téléphonie rationnelle et, si l'on veut arriver dans les communications interurbaines au « no delay system », il faut que des statistiques convenables mettent en évidence les retards et indiquent, grâce à leur décomposition en intervalles partiels, les points à améliorer, les lignes à établir ou l'opportunité de faire une répartition plus judicieuse des opératrices entre les diverses fonctions.

Nous verrons plus loin, par un exemple, qu'à l'usine Ford, les pièces détachées nécessaires à un montage sont amenées aux ouvriers automatiquement dans l'ordre voulu et à des intervalles de temps parfaitement réglés. C'est donc l'application du même principe. C'est ce besoin d'économiser le temps en simplifiant les mouvements et en supprimant tous ceux qui sont inutiles qui a créé la science des montages ; c'est, en effet, le premier résultat qu'ils permettent d'atteindre, notamment quand il s'agit de travaux d'assemblages ; mais nous verrons que les montages ont aussi un autre but, quand il s'agit du travail des métaux ; ils permettent d'atteindre la régularité et la précision qui donnent l'interchangeabilité.

5. Voici un autre exemple :

A la Western Electric C° de Chicago, j'ai vu des ouvrières faire avec une étonnante rapidité le montage d'un organe téléphonique qui comprenait plus de vingt-cinq pièces. Comment ce résultat avait-il été obtenu ? Principalement par l'ordre et la simplification des mouvements. L'ouvrière avait à portée de la main un casier que, dans mon for intérieur, je comparais à la casse d'un compositeur d'imprimerie, cette casse où le compositeur habile vient puiser les caractères d'un mouvement tout réflexe si sûr et si rapide pour les aligner dans le composteur. Là, le composteur était représenté par un outil très compliqué constituant une sorte de châssis de montage où toutes les pièces venaient individuellement prendre leur place, s'ajuster et se maintenir en face de façon à éviter à l'ouvrière la fatigue de les assujettir d'une main, pendant que de l'autre elle opérerait par exemple le serrage d'une vis. A un certain degré d'avancement, l'organe était retourné sens dessus dessous dans le châssis et revenait s'y loger exactement dans une autre série d'empreintes. Les tournevis étaient automatiques ; il suffit d'appuyer sur le manche en le pressant vers le bas, pour engendrer le mouvement de rotation de la lame, jusqu'au blocage élastique. Sans

Digitized by Google

doute, la plupart des mécaniciens savent se fabriquer de pareils gabarits et il n'y a là rien de nouveau. Ce qui est nouveau, c'est que c'est la direction de l'usine elle-même, qui, au lieu de s'en rapporter à l'initiative d'un ouvrier, a elle-même étudié à fond l'agencement du dispositif; elle n'a pas trouvé l'examen du procédé d'exécution indigne de son attention; aucun élément, même le plus infime, n'a été négligé, et l'on voit une ouvrière faire le montage compliqué de l'organe téléphonique, comme un soldat fait la charge en douze temps. Qu'est-ce qui a permis une étude si minutieuse? C'est le chronométrage.

Il est à noter qu'à partir du moment où l'ouvrière accomplit son travail machinalement, son esprit se trouve libéré; c'est ainsi que la personne qui a l'habitude de la bicyclette peut rouler sans s'inquiéter de sa machine et sans fatigue inutile. Ce n'est pas déchoir que de s'adapter. Bien plus, l'imagination peut alors se porter sur des sujets plus relevés et en particulier sur l'amélioration des montages eux-mêmes.

Le chronométrage, qui est en honneur chez les coureurs et les aviateurs, est bien souvent employé par le savant qui règle l'emploi de son temps et qui travaille, sa montre sous les yeux; non seulement il sert de base aux études expérimentales des mouvements et des pratiques d'atelier, mais encore il permet de mesurer à chacun sa tâche et il est, par suite, la base nécessaire du système de payement des ouvriers; c'est une seconde utilité qui a une importance de même ordre que la première.

6. En poursuivant notre rapide tournée dans l'usine Ford, nous eûmes le plaisir de trouver un Français à la tête du service des magnétos d'allumage; il faisait des expériences heureuses; il venait de trouver le moyen de remplacer par un seul plusieurs organes compliqués, il s'était ingénié à assurer la concordance de phase entre les fonctions mécaniques, électriques et magnétiques de l'allumage; et, tout joyeux de causer un peu français, il nous raconta qu'il avait comme ouvrier dans sa section un autre Français, un docteur en médecine, qu'il nous montra et qui ne paraissait nullement mécontent de son sort.

Quelle était donc l'importance du salaire? Dans la soirée, un employé nous dit que le salaire horaire moyen était de 45 cents, environ 45 sous, et que cependant la main-d'œuvre n'entrait que pour 12 pour 100 dans la valeur du produit fabriqué.

J'admets que ces chiffres auraient besoin d'être vérifiés auprès d'une source autorisée; mais ils ne me surprirent pas énormément, car il saute aux yeux que l'usine est dotée d'un outillage exceptionnel. On y voit des machines à percer qui forent quarante-cinq trous à la fois. Partout ce sont des transporteurs qui amènent automatiquement et d'une façon continue à l'opérateur les pièces qu'il a à travailler. Dans un coin de la fonderie les moules sont suspendus à divers monorails, ils cheminent comme des chevaux de bois; la vitesse est d'une dizaine de mètres à la minute. Rien de plus extraordinaire que la forge, du moins pour le profane que je suis. On est habitué à voir le travail de l'enclume et du marteau s'accommoder de toutes les pièces et s'adapter à toutes les besognes, d'ordinaire le four est banal. Ici, au contraire, tout est spécialisé; le forgeage est réparti entre un nombre infini de machines-outils, construites chacune en vue d'une suite d'opérations bien déterminée; les différents outils d'une même machine entrent successivement en jeu : chacun a sa fonction à remplir, comme les divers outils d'un tour-revolver; la machine fait automatiquement toutes les manœuvres accessoires, l'aspect général de la forge se rapproche de celui d'un atelier d'ajustage, seulement les machines comportent des fours et c'est un métal porté au rouge qu'elles façonnent.

Mais il faut laisser aux mécaniciens la description de ces procédés. Quoi d'étonnant après cela si l'on fait dans cette seule usine 3 000 automobiles par jour. On sait combien est grande la part du capital de cette puissante production et l'on devine l'accord étroit qui ne doit pas cesser d'exister entre le capital et le travail, pour que cette marche de production puisse se continuer sans à-coups et sans arrêt.

7. C'est pour cette raison que, délaissant un peu la fabrication elle-même, nous priâmes nos guides de vouloir bien nous expliquer le fonctionnement administratif de l'usine. Nous étions dans une des vastes salles consacrées à la direction du personnel, nous regardions par la fenêtre; dans le bas, il y avait une pelouse sur laquelle une vingtaine d'automobiles s'étaient rangées; nous nous demandions si c'étaient des voitures destinées à la vente. On nous dit que non : c'étaient les voitures des inspecteurs du personnel; bientôt elles seraient au complet, il y en aurait alors soixante. Les inspecteurs les prennent pour leurs visites; ils vont dans les ménages d'ouvriers. Mais de quoi s'occupaient-ils dans ces enquêtes? De savoir si l'ouvrier fait un bon usage de son salaire. Mais qu'appelle-t-on bon usage? Voilà : Il doit employer son argent pour son ménage, pour élever ses enfants; il peut acheter un bien de famille, faire des placements, par exemple, nous dit-on en souriant, car c'était d'actualité, prendre des bons de la liberté. L'inspecteur vérifie quelles sont ses charges de famille, etc. — Mais c'est de l'inquisition? — Non pas, les inspecteurs ne font que contrôler les renseignements fournis par les ouvriers eux mêmes. — Et ceux-ci y consentent donc? — Oui, volontiers. — Cependant il y a des renseignements qui leur sont défavorables. Sans doute, si l'ouvrier se livre à la boisson, s'il maltraite sa femme, s'il a une maîtresse, s'il joue aux courses, etc. — Mais quelle sanction y a-t-il? — On lui fait des observations; souvent on ne fait ainsi que lui répéter les conseils que sa propre femme lui donne; en général, il en tient compte. — Et s'il persiste? — On insiste à plusieurs reprises et, au besoin, il est privé de la participation aux bénéfices que la Direction distribue de son plein gré. — Et cela suffit? — S'il ne s'amende pas, on le renvoie. — J'entends bien, mais n'avez-vous pas eu de

Digitized by Google

grèves ? — Il n'y en a pas eu depuis que je suis dans la maison. Il y a eu quelques ouvriers qui ont cité la Direction devant les tribunaux ; mais la participation aux bénéfices est un don gratuit, cela est bien spécifié et, comme le motif de privation a paru légitime au juge, le juge a débouté les plaignants.

Je rapporte cette conversation parce qu'elle m'a frappé : ainsi pour n'envisager qu'un seul point, la Direction s'intéressait au respect du mariage, et de son côté l'ouvrier mécontent, au lieu de créer une agitation pour arriver en somme à se faire justice lui-même, recourait tout simplement aux tribunaux. J'étais en présence d'un état social de haute moralité.

Mais de plus, je touchais là une preuve palpable des bons rapports existant entre le capital et le travail ; l'inspecteur fait du bien, il s'intéresse réellement aux enfants, aux malades et l'ouvrier tient compte d'un bon conseil. Cette attitude réciproque s'explique par l'élimination de tous les frottements irritants. Comment cela ? c'est que, dans ces grandes usines, il y a une coopération étroite, intime, personnelle entre la direction et les ouvriers. Chacun des travaux d'exécution faits à l'atelier est précédé de nombreuses études préparatoires faites par la Direction ; ce sont elles qui permettront à l'ouvrier de faire son travail mieux et plus vite qu'auparavant. Il reçoit chaque jour, de bonne grâce, les conseils et les instructions de divers chefs, placés tout près de lui, chacun avec une fonction spéciale, il n'est pas bousculé par un contremaître unique et omnipotent, ni laissé à sa propre initiative un peu dédaigneusement.

8. Nous avons suivi, dans toutes ses étapes, un montage qui n'aurait pu évidemment être laissé à l'initiative individuelle, celui des moteurs d'automobile, car il exige la coordination des opérations effectuées simultanément par une centaine d'ouvriers. Le bâti est mis sur un chemin roulant qui marche à une vitesse modérée, à peine sensible ; des deux côtés du chemin, il y a deux séries d'ouvriers à la distance d'un mètre tout au plus, c'est la distance qui correspond à la longueur du bâti, avec un petit intervalle entre deux bâtis successifs. Le chemin a une trentaine de mètres de long. Derrière chaque ouvrier se trouvent des approvisionnements en pièces détachées, mais en général, celles-ci, comme nous avons déjà eu l'occasion d'y faire allusion, lui sont apportées dans toutes les directions de parties éloignées de l'usine, par des transporteurs aériens, qui les lui présentent portées par des crochets et elles lui viennent les unes après les autres, suivant un rythme en rapport avec les prévisions du plan de campagne adopté pour le montage. Chaque ouvrier a donc à ajouter à l'ensemble qu'il reçoit du voisin précédent, quelque organe qu'il doit essayer, ajuster et fixer, pour que l'ensemble ainsi accru passe aux mains des collaborateurs suivants. Le moteur arrive à l'extrémité du chemin roulant tout monté et essayé, prêt à subir les essais de rendement ; ceux-ci se feront dans une autre région de l'usine, où il est encore transporté par un « convoyeur » spécial. L'ensemble des ouvriers associés à cette tâche commune constitue une équipe ; et le travail est payé à l'équipe, non à l'ouvrier ; c'est là une dérogation apparente aux errements habituels.

Il est de règle, en effet, de fixer sa tâche à chaque ouvrier individuellement et de le payer en conséquence. Or, ici, il y a un groupe d'ouvriers attelés à une besogne. Mais que l'on y fasse attention : il ne s'agit pas pour les ouvriers du groupe de faire chacun le même travail que le voisin, auquel cas le plus adroit devra, par la force des choses, finir par régler sa vitesse sur celle du moins bien doué.

Il ne faut pas que par l'établissement d'une moyenne, basée sur la rémunération totale due à l'équipe, un ouvrier se trouve dépossédé d'une parcelle des droits qu'il a acquis par ses efforts ; car il préférera limiter sa production plutôt que de subir ce retranchement inique. On l'a bien vu dans cet exemple célèbre des ouvriers chargeurs de gueuses de la Bethlehem Steel Co qui sont revenus travailler au prix de 3,2 cents de la tonne, auprès de cette compagnie où la tâche était individuelle ou tout au plus répartie entre groupes de quatre associés au plus, après avoir renoncé à un salaire plus élevé, celui de 4,9 cents la tonne, que leur avait offert une aciérie de Pittsbourg, parce que le bénéfice de ce tarif se trouvait plus que compensé par la réduction de production et de gain journalier, effet naturel de la communauté d'un travail fait en équipe.

Ici, chacun des participants fait un travail spécial, dans un temps rigoureusement mesuré par l'avancement du chemin roulant. Or un travail collectif de cette nature ne peut être inauguré, si une étude raisonnée, c'est-à-dire scientifique, n'a permis au préalable de déterminer les moindres mouvements des ouvriers ; et ceux-ci n'ont pu venir à bout de la tâche imposée qu'après avoir appris de leurs instructeurs le rôle de chacun et la manière de s'y prendre ; c'est une question de méthode. D'autres contremaitres ont dû combiner les « convoyeurs » qui amènent à pied d'œuvre les éléments à assembler et en régler la vitesse. D'autres ont pris soin de pourvoir chacun de l'outillage approprié. D'autres enfin ont étudié la répartition des périodes de repos les plus avantageuses pour ménager les forces de chacun et ils ont donné à chaque ouvrier la place qui convenait. La Direction n'a pas hésité à reporter sur d'autres branches de fabrication les ouvriers dont le manque d'aptitude aurait nui au travail d'ensemble. Par exemple, un ouvrier malingre ne peut être au poste où il aurait à soulever un poids trop lourd pour ses forces. Celui qui a à vérifier de légers défauts de poli doit non seulement avoir bonne vue, mais il lui faut un coup d'œil rapide ; il doit, selon l'expression des physiologistes et des astronomes, avoir une faible équation personnelle ; il est nécessaire qu'il ne s'écoule qu'un intervalle de temps très court entre la perception oculaire et l'action réflexe de la main.

9. J'ai insisté sur ce montage des moteurs ; il nous montre en effet quels sont les procédés adoptés : sélec-

Digitized by Google

tion des ouvriers, instruction individuelle poursuivie aussi longtemps qu'il est nécessaire ; préparation du travail, fixation de la tâche à faire. Ajoutons à cela une prime importante attachée à l'accomplissement de la tâche et nous aurons une idée à peu près complète du système.

Ce n'est pas seulement à l'usine Ford, c'est aussi à la Western Electric Company de Chicago que nous avons pu le voir fonctionner.

Là où il est en vigueur, l'ouvrier gagne, comme nous l'avons dit, un salaire supérieur à celui des usines où ces pratiques ne sont pas suivies ; il ne se plaint pas du surmenage, car il y a des périodes de pause largement calculées ; il n'a même pas la sensation d'être dans une usine différente des autres usines ; il comprend seulement qu'il est l'objet de l'intérêt de la Direction ; il sait que, s'il ne réussit pas du premier coup, on mettra à sa disposition une personne compétente pour l'aider et pour l'instruire.

En revanche, l'usine fait une fabrication irréprochable ; et la Direction, quand elle fait une comparaison avec les errements du bon vieux temps, constate, malgré l'élévation des salaires, un abaissement du prix de revient ; de plus elle se réjouit de l'amélioration des relations qui se sont établies entre ses salariés et elle.

En un mot, l'ancien contremaître « sait tout, fait tout », toujours préoccupé des moyens de maintenir la discipline, et jaloux de son autorité, bien que parfois son ascendant ne réponde pas à ses prétentions, est remplacé par toute une série de contremaîtres et d'instructeurs qui demeurent en contact permanent avec l'ouvrier, pour l'assister utilement et non pour le morigéner. Il y en a un pour lui préparer son travail ; il y en a un autre pour entretenir les machines, rassembler les pièces, affûter les outils ; il y en a qui lui ont tracé la marche à suivre, etc. C'est un état-major supplémentaire, mais combien productif ! car que de pertes de temps on économise grâce à lui.

J'ai rapporté de la Western Electric Co une série de fiches. On peut s'étonner de voir que la Direction fixe les machines à employer, les outils à remettre à l'ouvrier, les vitesses de marche de la machine, impose la profondeur de coupe, etc. Mais il faut comprendre que les meilleures conditions de fonctionnement ne sont pas si faciles à trouver qu'on pourrait le croire au premier abord. On sait qu'en ce qui regarde le travail au tour il y a douze facteurs indépendants dont il faut tenir compte ; ils ont été souvent énumérés, je citerai par exemple : l'élasticité de la pièce, la pression du copeau, le moyen employé pour la réfrigération de l'outil, la vitesse, etc. Or, il n'a pas fallu moins de vingt-six années de travail méthodique pour débrouiller ce chaos. Et je passe sous silence les crédits fort importants qu'on a dû y consacrer. Si l'on réfléchit à la complication des problèmes que la pratique pose ainsi à l'ingénieur, on sera moins surpris de voir la Direction prescrire à l'ouvrier une marche à suivre rigoureuse, puisque, quelles que soient son expérience personnelle et son habileté, on peut dire, à coup sûr, que la question le dépasse ; et, en général, il finit par le reconnaître.

Mais si la méthode de travail est ainsi imposée à l'ouvrier, il est clair qu'on doit savoir aussi quelle est la tâche qu'on peut lui attribuer à l'avance. C'est donc le travail à la tâche qui sera substitué au travail aux pièces, si souvent pratiqué encore. Sans doute, celui-ci est un grand stimulant. Dans ce système, l'ouvrier est laissé à sa propre initiative. Il accumule ses efforts et se forge de grandes espérances. Pourvu qu'elles ne soient pas déçues ! Car souvent il se met à craindre que le patron ne finisse par trouver trop élevé le prix de la journée. Et alors, il diminuera le prix payé à la pièce. Donc, à quoi bon se donner de la peine pour n'en retirer aucun profit durable ! Quand on donne un travail à un enfant, on le mesure à ses forces ; le professeur sait par l'expérience de sa profession ce qu'il peut demander ; il n'excite point l'élève à faire un devoir indéfini, aussi long que ses forces lui permettront de le faire. Eh bien ! il faut agir de même dans l'industrie ; c'est un proverbe connu : à chaque jour, suffit sa tâche ; mais j'ajoute : encore faut-il la faire. Et cela mérite une prime.

En visitant les ateliers de la Western Electric Co, j'ai constaté l'importance des montages pour la fabrication en série. Le premier sans doute qui ait imaginé un montage c'est celui qui, pour être sûr de percer deux trous à la même distance l'un de l'autre, a constitué un bloc de grande épaisseur percé de deux trous à la distance voulue pour y faire passer les mèches de forage. Il n'y a guère de travail à accomplir sur les machines-outils qui ne gagne en rapidité et en précision par quelque montage approprié. Il ne peut entrer dans notre programme de décrire ces procédés. Il nous suffira d'appeler l'attention sur eux, de dire que leur étude systématique constitue déjà un corps de doctrine et que les notions nécessaires en sont vulgarisées dans les livres de J. Woodworth, sur l'outillage des usines américaines ; livres traduits en français, mais dont la raison d'être, l'importance et l'utilité, ne me sont apparues qu'à la lumière même des choses vues.

Le but des montages est principalement d'assurer l'invariabilité des cotes relatives et par suite l'interchangeabilité des pièces fabriquées. Il n'est pas nécessaire aujourd'hui de faire ressortir les avantages de l'unification. La Société d'encouragement a obtenu l'adhésion pleine et entière de l'Administration des Postes et Télégraphes à l'unification des filetages. Les vis étant communes à beaucoup d'industries, il était naturel de les envisager en premier lieu comme objets d'unification. Mais l'interchangeabilité n'est guère moins désirable entre les diverses pièces détachées qui entrent dans le matériel courant de n'importe quelle grande raison sociale, et, en particulier, des diverses administrations. Or, on ne peut l'obtenir que par des montages parfaitement étudiés et rigoureusement définis.

10. Mais il ne suffit pas d'avoir les moyens d'obtenir l'interchangeabilité des pièces, il faut encore savoir comment la contrôler. Pour l'exécution des marchés, il

Digitized by Google

y a bien en général un agent contrôleur qui représente les intérêts du client et qui vérifie la conformité aux types. Mais, en général, il se contente d'opérer par voie de prélèvement et il n'exerce son contrôle qu'après l'achèvement de la fabrication. Il s'agit ici d'un contrôle en cours d'usinage exercé par l'usine elle-même. C'est ce qui a lieu à la Western Electric Co. Dans la cédule qui indique les diverses opérations successives de la fabrication, il est prévu des vérifications à certains degrés d'avancement. Parmi ces vérifications qui peuvent porter sur diverses qualités électriques, chimiques, mécaniques, etc., il y a celles qui concernent les dimensions; elles se font à tous les stades, où l'objet vient de prendre une forme déterminée par des cotes fixées à l'avance, qu'il soit important de contrôler, et tous les objets sans exception y sont soumis. La première condition pour que la vérification puisse s'exercer c'est que les tolérances admissibles aient été préalablement reconnues. La seconde c'est que les opérations puissent se faire dans le moins de temps possible. La tolérance indique deux limites entre lesquelles chaque dimension doit se tenir. La pièce est donc reçue par un représentant du service de la vérification que l'on appelle inspector. C'est lui qui a la charge de reconnaître si la pièce se tient dans les limites de tolérance. Cet inspecteur lui-même, comme tous les autres ouvriers de l'usine, n'est pas laissé à sa propre initiative; mais la méthode de vérification qu'il a à appliquer a été soigneusement élaborée dans une section spéciale. Puis, en général, un montage a été fait, qui permet d'opérer simultanément, sur la pièce qu'on y introduit, la vérification de plusieurs cotes. Cette vérification ne porte point sur les valeurs absolues. Une combinaison de bras leviers amplificateurs aboutit au déplacement d'un index sur une petite échelle en os, divisée en une dizaine de degrés, sur laquelle on a repéré par deux traits de couleur les limites de la tolérance. Un seul coup d'œil suffit donc au vérificateur pour reconnaître si les trois ou quatre index que peut comporter le montage se placent dans la zone d'admissibilité. D'ailleurs, comme des modèles de différentes grosseurs peuvent être l'objet de vérifications analogues les unes aux autres, les bras de levier sont en général pivotés sur des douilles excentrées, qu'il suffit de faire tourner légèrement et de fixer pour que le même montage puisse être adapté, le cas échéant, à tel ou tel modèle en particulier.

Bien entendu, ces réglages sont confiés à des outilleurs expérimentés. Il est très intéressant de remonter de proche en proche jusqu'aux prototypes qui sont conservés avec le même soin que ceux dont dispose notre conservatoire des Arts et Métiers. C'est la même subordination d'étalons successifs qu'on retrouve dans tous les laboratoires de mesure et d'essais.

D'autre part, quand il s'agit d'objets fabriqués en nombre, ce sont de véritables machines-outils spéciales qu'il a fallu imaginer et construire pour pouvoir effectuer la vérification automatique. C'est ainsi que j'ai pu admirer une machine destinée à contrôler de petits blocs de charbon entrant dans la constitution d'un paratonnerre et comportant une petite pièce métallique encastrée. La petite surface métallique se présentant soit à droite, soit à gauche de la pièce, un petit contacteur électrique reconnaît l'orientation dans laquelle la pièce se présente dans la glissière où elle chemine, et, suivant le cas, commande un jeu de bascule qui la rétablit dans la bonne position; les pièces sont mises en vrac dans la machine, elle se charge de les marger et de les faire progresser d'un mouvement continu jusque sous les organes de vérification qui les font trébucher dans des cases spéciales suivant la nature du défaut reconnu. Toutes les dimensions et la position correcte du contact métallique sont ainsi vérifiées automatiquement, et l'on obtient une rapidité tout à fait incompatible avec n'importe quel mode de contrôle manuel ou visuel.

Les ingénieurs de la section de l'inspection avaient bien voulu réunir une bonne partie, et la plus curieuse, de leurs dispositifs de vérification; il y en avait une grande variété et plusieurs d'entre eux constituaient des organismes si ingénieux qu'ils mériteraient une description à part. L'entretien même des calibres, leur surveillance occupent un nombreux personnel. Il faut veiller à ce que l'usage ne les avachisse pas; il faut que les étalons secondaires soient comparés aux prototypes; il faut combiner les montages de façon à pouvoir les ajuster pour les tolérances admises, il faut rattraper les jeux qui tendraient à se produire; il faut pouvoir remplacer facilement les parties soumises à l'usure. La confection de tous ces appareils de mesure, car au fond ce n'est pas autre chose, et leur étalonnement n'est pas une des parties les moins importantes d'une grande usine comme la Western Electric Co.

Tandis que, dans les laboratoires de New-York, les mesures sont faites pour avoir des données précises sur la façon dont les organes supportent les diverses conditions de fonctionnement qu'on leur impose et arriver ainsi à la détermination des types les plus convenables qui deviendront alors des standards, les mesures effectuées par l'inspection à Chicago ont seulement pour objet d'assurer la conformité avec lesdits standards dans les limites de tolérance consenties, c'est-à-dire préalablement reconnues suffisantes au double point de vue de l'usage et de l'interchangeabilité.

En résumé, on ne peut arriver à réaliser la « standardisation » qu'à la condition de fabriquer avec des montages judicieux et efficaces et de contrôler cette fabrication d'une façon continue, également avec des montages appropriés, pour maintenir les écarts accidentels d'exécution dans les limites de tolérance.

11. Pour terminer cette description des procédés employés dans les usines américaines, je vais donner ci-après la traduction de quelques documents qui m'ont été remis à la Western Electric Company par le directeur de l'usine de Chicago; ils lui avaient servi de notes pour une conférence, malheureusement restée inédite, qu'il avait faite devant une Société d'ingénieurs.

L'administration des diverses usines américaines est très différente de l'une à l'autre; cependant il y a tou-

Digitized by Google

jours une base commune sur laquelle reposent les organisations. Les principes généraux sont les mêmes, les applications les revêtent de formes diverses.

Les grandes lignes de l'organisation de la Western Electric Company sont tracées sur un tableau synoptique qui précise la hiérarchie des personnes et les rapports des fonctions. Toutes les grandes sociétés ont des tableaux analogues. Chaque division est représentée par un numéro sous lequel elle sera toujours désignée dans les instructions, ce qui évite bien de l'écriture et épargne des remaniements si les titulaires changent ou si les attributions se modifient, se dédoublent ou se réunissent; le tableau indique pour chaque numéro le nombre des employés supérieurs et celui des subalternes.

Sans entrer dans le détail de ce tableau, nous y distinguerons tout d'abord quatre divisions principales, savoir : 1° répartition et régularisation de la production; 2° opérations d'exécution, usine ou fabrication; 3° travaux techniques; 4° inspection.

La première division régularise la marche de l'usine en lançant les ordres pour les approvisionnements de matériel et pour la mise en chantier des fabrications, elle fait œuvre de répartition; la seconde fabrique et manufacture; la troisième a la charge des machines, de l'outillage, des méthodes de travail, de la rédaction des instructions; la quatrième vérifie les objets fabriqués et contrôle leur conformité aux dessins, cotes, types, clauses et conditions techniques.

De même auprès de chaque ouvrier nous trouvons en principe quatre contremaîtres. Le premier alimente les hommes en matières, outils, modèles, dessins; il s'occupe des montages, apprend aux ouvriers à s'en servir pour mettre rapidement en place les pièces sur les machines-outils. Le travail peut donc commencer; vient le second contremaître qui veille à la réalisation de tous les détails de fabrication prescrits par le bureau et consignés sur la fiche de fabrication : choix des outils, profondeur de coupe, vitesse des machines. Son attention doit être portée sur tous les points qui permettront d'obtenir le résultat dans le moins de temps possible. Le troisième contremaître vérifie la qualité des produits fabriqués : dimension, fini de la surface, etc. Il donne à l'ouvrier l'indication des précautions à prendre pour réaliser les qualités demandées. Il reçoit le travail au point de vue de la qualité et contresigne la fiche de l'ouvrier. Il appartient au quatrième d'entretenir la machine, de vérifier le graissage, de surveiller les courroies et les engrenages, de disposer autour de la machine les accessoires, les pièces fabriquées, les organes d'assemblage. Il fait faire les réparations nécessaires en temps utile; grâce à lui, le travail ne doit pas, faute de machine, subir d'interruption.

Entre les opérations d'atelier et la direction, il s'interpose deux autres bureaux : celui du personnel et celui de la comptabilité d'atelier, ce dernier se divisant en deux sections, l'une chargée de la discipline et l'autre des salaires.

De même, notre description ne donne pas une image complète des services d'administration, car nous n'avons envisagé que les organes nécessaires à la marche intérieure de l'usine. Mais il faut encore, en face des clients et des concurrents, un service commercial, et enfin, il y a, au sein de l'Administration elle-même, cette sorte de tribunal de conscience qui enregistre les résultats et les juge et qui n'est autre que la comptabilité. Enfin le laboratoire analyse les opérations, réduit les difficultés, poursuit les études, tandis que le bureau du dessin rassemble les résultats, fait la synthèse des connaissances acquises, les coordonne et dresse les projets.

Chacune des divisions que j'ai indiquées se subdivise en un certain nombre de bureaux; sur le tableau d'ensemble qui m'a été remis, j'en compte quatre-vingts. Cela seul montre déjà combien la spécialisation est poussée à un haut degré; l'état-major est donc important; en revanche, on peut espérer que ce personnel est compétent, parce qu'il n'a pas à disperser son activité. Il nous a été donné de pouvoir suivre une des divisions, celle de la production, ou pour mieux dire, de la répartition et de la régularisation de la production. Nous avons pour nous guider un tableau synoptique particulier. Il ne comprend pas moins de cent douze sections distinctes. Il faut mettre à part ce qui concerne les bois (ateliers de bois tendres, de bois durs, magasinage et expédition), de même ce qui a trait aux modifications d'anciens appareils ou à l'introduction d'appareils nouveaux. Il nous restera les quatre grands départements : 1° programme des fabrications; 2° établissement des ordres de mise en fabrication, prix de revient, statistique; 3° méthodes à appliquer pour diriger la fabrication; 4° magasins et manutentions.

Le département qui établit le programme de fabrication a un bureau administratif avec des dactylographes et des opératrices qui consultent les documents au moyen des machines à classer et additionner, une section de rédaction et un enregistrement des fiches concernant les mises en fabrication.

Puis ce département se divise en trois parties concernant respectivement : 1° les pièces détachées; 2° les ensembles tels que meubles téléphoniques, tableaux, appareils de protection ou de sous-stations; 3° les câbles sous plomb, le fil, le caoutchouc. La seconde de ces sections comprend aussi les réparations et les travaux statistiques.

Le but de ce département est d'établir l'ensemble des besoins pour chaque nature d'article; par exemple pour les pièces détachées, il y aura un bureau qui déterminera le plan de campagne pour l'exécution des opérations à effectuer, les machines-outils à employer suivant les méthodes en cours; trois sections suivront l'état d'avancement et en retraceront la marche, une autre donnera les ordres de réparation ou d'embarquement, la dernière rédigera les fiches concernant les outils à employer.

La division des ordres de mise en fabrication établit les cédules qui indiquent aux ateliers le nombre de pièces à mettre sur le chantier. Une section centralise les commandes des clients, les enregistre, tient les archives, a des bureaux spéciaux pour les appareils

Digitized by Google

d'une part, les meubles et tableaux de l'autre. Une autre section s'occupe des matières brutes ou des pièces détachées à se procurer au dehors soit pour satisfaire aux commandes spéciales des clients, soit pour répondre au programme de confection en grand de la section des appareils. Quatre bureaux tiennent à jour la situation des matières et de leur mouvement. Enfin les ordres ressortissent suivant la nature des articles à quatre départements, concernant : 1° les matières, cuivre et laiton, fer et acier, fournitures diverses, quincaillerie, aciers à outils, isolants, etc.) ; 2° les sous-produits (leur extraction, leur classement, leur vente, leur réduction et les écritures qui s'y rapportent) ; 3° les pièces détachées (instruments télégraphiques ou téléphoniques ; sous-stations, sonneries, vibrateurs ; relais, annonciateurs et fiches, clés ; bobines à action différée, fusibles ; bobines de pupinisation ; matériel pour l'Europe ; lampes et jacks ; appareils à prépayement ou semi-automatiques ; pièces de meubles et tableaux ; cordons, fils, caoutchouc ; dépouillements divers effectués à la machine à classer ou à additionner) ; 4° les appareils et l'entretien des stocks (relais et appareils de protection ; clés, jacks, douilles ; meubles et supports, bobines diverses).

La division qui s'occupe des méthodes à employer pour diriger l'allure des fabrications comprend divers départements concernant l'emmagasinage, l'instruction du personnel, les quotités de pièces à fabriquer, les manutentions et les transports entre les diverses parties de l'usine, les appareils de levage, de roulage et d'emballage, la rédaction des fiches de travaux et des écritures.

La division du magasin, et des manutentions s'occupe des déchargements, réceptions, transports et des écritures correspondantes.

12. Voici maintenant quelques détails :

Quand on a fait le projet de mettre en fabrication un article nouveau, on commence tout d'abord par déterminer, dans leurs grandes lignes, les opérations qui seront nécessaires pour la confection de chaque pièce détachée ou de chaque organe.

Si, par exemple, l'une des opérations est une opération de poinçonnage, on s'adresse à un spécialiste, expert dans l'art du poinçonnage, et c'est lui qui dictera l'opération à faire à la poinçonneuse ; ainsi, pour chaque catégorie d'opérations, on s'adresse à un ingénieur d'une compétence reconnue, suivant le genre de travail envisagé.

On rédige des instructions qui sont envoyées aux diverses divisions intéressées, pour que chacune d'elles sache comment elle doit entreprendre la fabrication.

Après que toutes les opérations à effectuer ont été bien arrêtées, on les consigne sur un imprimé spécial, c'est une fiche relative à l'article considéré : la première colonne indique les numéros des divers départements intéressés, la seconde la nature des diverses opérations qui devront être effectuées dans chacun de ces départements, la troisième donne les numéros des spécifications, celles-ci ayant déjà été couchées par écrit tout au long ; on y inscrit l'outillage à utiliser et par exemple, les numéros de toile à employer s'il s'agit d'un polissage, la dernière colonne énumère les machines-outils (tour ou perceuse) avec les chiffres caractéristiques du modèle et des dimensions de la machine. Le bas de la fiche est consacré à la description des divers articles de matériel à prendre en magasin, avec le numéro du magasin livrancier et celui du département cessionnaire correspondant à chaque article.

C'est une fiche générale ; elle est en même temps décomposée en autant de cartes spéciales qu'il y a de départements intéressés ; on y note le département des mains duquel l'article en cours de fabrication sera reçu et le département aux mains duquel il passera en fin d'opération. Dans le cas où le département visé a quelque objection à formuler, il doit immédiatement en référer à un bureau désigné par un numéro sur la fiche même.

Supposons maintenant qu'il s'agisse d'une pièce détachée à fabriquer. On établira, comme suit, la fiche de fabrication :

C'est une des branches du département des ventes qui a la charge de déterminer à l'avance tout ce qui est nécessaire pour réaliser un organe composé de plusieurs pièces assemblées.

Il y a beaucoup d'espèces d'articles dans la construction desquels les pièces détachées entrent par centaines. Et ces pièces détachées peuvent être communes à plusieurs articles. Il y a à la Western plus de 80 000 pièces détachées différentes, dont on emploie chaque année de grandes quantités, depuis des centaines jusqu'à plusieurs millions.

On s'aide, pour le calcul total des besoins, de cartes perforées qu'on fait passer dans des machines à additionner.

Le stock des pièces détachées disponibles est tenu à jour dans une section qui centralise les existants.

L'ordre de mise en fabrication d'une quantité déterminée est basé sur les besoins futurs, sur les quotités disponibles pour les commandes éventuelles et sur les tables qui indiquent quelle est, au point de vue de l'économie de fabrication, l'importance à donner à chaque lot qu'on veut mettre en main.

Chaque département reçoit un ordre de mise en fabrication sur un imprimé spécial, indiquant la date, le nombre d'objets, le numéro de l'ordre, les quantités à produire par mois, l'indication des matières premières en magasin ou de la date pour laquelle elles sont promises.

Le bureau chargé de la marche des opérations dans chaque département indique l'ordre dans lequel elles doivent se succéder sur les différentes machines. La fiche qu'il établit comprend la désignation de la pièce, le détail de chacune des opérations, la machine à employer pour chacune d'elles, les outils correspondants, le temps total accordé pour chaque opération, la production journalière prévue, le numéro de l'ordre et le numéro de référence à l'intérieur du département. Chaque opération à son tour donne lieu à une fiche élémen-

Digitized by Google

taire indiquant à l'ouvrier son travail et le délai ; enfin une dernière fiche est remise au contremaître chargé d'assigner à l'ouvrier désigné une machine de la catégorie envisagée.

13. Un mot sur les cartes perforées ; elles indiquent par leur perforation : 1° la quantité à fabriquer pendant une certaine période de temps ; 2° le numéro de nomenclature de la pièce ; 3° le numéro de nomenclature de l'organe dans lequel la pièce entre comme partie constitutive.

Enfin ces cartes ont des numéros de série et de classement.

Passons à un troisième exemple, celui où il s'agit d'un exemple obtenu par l'assemblage de pièces détachées d'usage courant emmagasinées à l'avance.

Supposons qu'il s'agisse d'un bureau téléphonique. Tout ce qui entre dans son équipement doit être mis à la disposition dans un ordre déterminé pour que l'installation se fasse économiquement et sans que le service soit troublé.

Chaque nature d'objet doit donc être commandé pour la date la plus éloignée compatible avec l'ensemble de ces exigences.

Par exemple sur le bon de commande d'un multiple pour Cincinnati (Ohio). Nous voyons que pour le premier article : bâti, la lettre (S) indique que le bureau des ingénieurs devra donner la spécification dans un délai de trois semaines à dater de la réception du présent bon. Tandis qu'au 21e article, panneaux généraux pour recouvrir le câblage, on a noté que les spécifications devront être données par le bureau des ingénieurs dans un délai de huit semaines.

Les travaux intercalaires, dessins, détails, ferronnerie, menuiserie, assemblage, vérification sont commandés pour être terminés à des dates correspondantes.

Le bon de commande contient dans une première colonne, en conformité avec la nomenclature, la liste complète des articles entrant dans le multiple et chaque colonne correspond à une date particulière, qui est celle de livraison d'une pièce ou de l'achèvement d'un travail intercalaire.

Nous avons dit plus haut qu'on faisait une centralisation des renseignements concernant les existants en pièces détachées ou en matières premières. Voici comment on opère :

On affecte à chaque pièce détachée, individuellement, une ou plusieurs cartes de contrôle.

Il y a plus de 80 000 cartes ainsi en usage pour centraliser les données concernant les approvisionnements partiels qui peuvent se trouver réparties dans les différentes sections des établissements. Cette carte fait ressortir les quantités qui ont été commandées à partir d'une certaine date et les livraisons successives ultérieures.

Chacune de ces quantités n'a pu être commandée qu'en vertu d'une autorisation régulière ; l'ordre auquel les diverses quotités sont affectées est rappelé au dos de la carte, ainsi que les livraisons qui ont été prélevées sur les approvisionnements pour satisfaire à chaque ordre en particulier. Une troisième série de colonnes indique les existants en magasin.

Il y a deux espèces de cartes, les unes pour les pièces détachées que l'on fabrique à l'usine, les autres pour celles qu'on achète dans le commerce. Les cartes donnent en outre les consommations mensuelles de l'année courante, le prix unitaire ; elles rappellent les consommations antérieures, année par année.

On y trouve aussi la nature et les quotités de matières premières nécessaires, celles qu'on a à prévoir pour faire un nombre rond de ces pièces, un millier par exemple.

On y retrouve les numéros des organes où ces pièces se rencontrent. S'il s'agit d'une carte concernant des matières premières, on tient à jour une ou plusieurs cartes pour chaque sorte et pour chaque forme de matière première. Ces cartes sont semblables à celles des pièces détachées. Le recto donne les quantités commandées ou reçues, bon par bon. On note au dos les articles particuliers pour lesquels on a donné les ordres d'acheter.

Et chaque fois qu'il y a une commande concernant un certain nombre d'objets, la quantité des diverses matières premières requise pour leur fabrication est inscrite sur les cartes correspondant à ces matières ; si donc les approvisionnements actuels ne sont pas suffisants, on fait un bon d'achat pour couvrir les besoins.

Les existants ressortent dans une troisième série de colonnes.

Quand une commande d'un certain nombre de pièces a été lancée, il faut suivre l'état d'avancement de la fabrication. Un imprimé spécial permet d'en conserver la trace. Les divers départements font en général des livraisons partielles qu'on inscrit à leurs dates, d'après le relevé des coupons détachés des bons de livraisons. On peut faire un graphique montrant la progression et rechercher les causes qui modifient l'allure de la courbe. On sait ainsi où en est chaque jour la fabrication et on contrôle ainsi indirectement l'activité des bureaux qui, dans chaque département, sont chargés de mettre en main et d'accélérer les travaux.

C'est dans la division même que l'on élabore les règlements concernant le travail de répartition des fabrications. C'est un moyen de régulariser les errements suivis ; ces instructions traitent des commandes concernant les matières premières ou les pièces détachées, de la façon de suivre l'état d'avancement des travaux, etc. ; elles ont pour objet de fixer les méthodes de travail de la division et de conserver tous les renseignements concernant la direction de la production, les frais et les comptes.

Il serait évidemment oiseux de reproduire ici tout le détail des règles qui indiquent la circulation des diverses formules, d'atelier à atelier, de section à section, les duplicata à envoyer aux divers services intéressés et les renseignements que chacun doit fournir en échange suivant les diverses éventualités. Ce qui est certain, c'est que la Western Electric Co n'a pas reculé devant la réglementation la plus minutieuse et qu'elle a essayé de

Digitized by Google

prévoir tous les cas possibles. Au surplus, dans toutes les autres divisions de ces vastes établissements comme dans celui que nous avons choisi pour l'étudier plus à fond, il y a toujours, nous insistons sur ce point, une section particulière qui est chargée des méthodes de travail et de leur codification. Cela n'est pas pour étonner les fonctionnaires de l'Administration des Postes qui sont habitués à se référer constamment aux règles précises que l'on s'est efforcé de réunir dans l'Instruction générale.

Nous ne parlerons pas du problème si philosophique de la nomenclature qui passionne à juste titre tant d'ingénieurs américains ; l'abus des notations abrégées doit évidemment être corrigé par des règles ; il faut nous borner.

14. Il nous reste à conclure :

Nous avons vu à la Western Electric Company un système d'organisation du travail basé sur des méthodes scientifiques ; pour chaque élément du travail de l'ouvrier, les procédés empiriques se sont effacés pour faire place à un art savamment développé qui introduit des montages et un outillage perfectionné dépassant les capacités d'initiative et de connaissance des meilleurs ajusteurs ; l'exécutant est choisi, spécialisé, formé et entraîné ; la Direction suit de près chaque homme pour s'assurer que le travail est bien fait suivant les règles : elle lui garantit le bénéfice intégral de son travail, sans exiger de lui une tâche impossible ; la coopération remplace l'individualisme, le sentiment de la solidarité se fait jour et il maintient l'harmonie. On peut alors entreprendre des fabrications en grand, à des prix de revient modérés, au grand avantage des consommateurs, c'est-à-dire de la masse elle-même ; aussi les conditions industrielles et sociales que nous venons d'analyser nous paraissent-elles constituer en quelque sorte les lois économiques de la standardisation.

J.-B. Pomey,
Ingénieur en chef des Télégraphes

Revues, analyses et informations

Chambres de Commerce.

Chambre de commerce d'Alger. — Dans sa séance du 10 octobre 1917, cette Chambre s'est occupée de la création de *cours d'apprentissage*. Sur le rapport de M. Tarting et à la suite des vœux émis par une Commission désignée par le Gouverneur général et composée de patrons et d'ouvriers, la Chambre a adopté la proposition suivante : patronage de la Chambre qui fournit gratuitement les locaux, mais fonds nécessaires assurés par le Gouvernement, le Conseil général, la Ville et la Chambre de Commerce.

Du procès-verbal de la séance du 14 novembre 1917, nous extrayons le passage suivant relatif à la *découverte de gisement de charbon* en Algérie :

« M. Louis Billiard, président, signale qu'il a rencontré M. Barbedette, délégué financier, de retour d'un voyage dans le Sud-Oranais. Du charbon aurait, paraît-il, été découvert dans la région de Colomb-Béchar et des appareils de sondage vont y être envoyés pour s'assurer de l'importance du gisement. Le chemin de fer passe à 25 km seulement, de sorte qu'il suffirait, pour relier la mine à ce chemin de fer, d'un simple raccordement en terrain plat, relativement peu coûteux et dont l'étude a, du reste, été déjà entreprise avant la guerre en raison de l'existence à cet endroit d'un important village indigène.

M. Duroux expose également que des recherches analogues vont probablement être entreprises dans la région du Fondouk, où le terrain est de même apparence que les terrains houillers d'Espagne ».

L'exploitation de la houille blanche en Bavière.

Le « Bulletin des Usines de guerre » du 14 janvier 1918, donne page 304 les renseignements suivants à ce sujet.

En Bavière, deux sociétés se sont constituées, avec l'appui du ministre de l'Intérieur, en vue d'exploiter les forces hydrauliques. La première entreprendra les travaux sur l'Inn supérieur, la deuxième sur l'Isar moyen.

L'Inn est partagé en trois secteurs, le secteur moyen entre Jettenbach et Mühldorf est réservé pour les usines d'aluminium de l'Etat ; on compte y recueillir une puissance d'environ 50 000 ch ; les travaux sont évalués à 60 000 000 de marks. La grande industrie utilisera les forces motrices en amont de Jettenbach et en aval de Mühldorf évaluées à 60 000 ch de Kufstein à Attal et à 50 000 ch en aval de Muhldorf.

L'Isar doit être utilisé depuis Puppling jusqu'à son embouchure, la partie supérieure est réservée à l'Etat. Près de Iching on a concédé aux Isarwerke un secteur. L'Allgauer Elektrizitats Gesellschaft exploitera la partie comprise entre Mossburg et le Danube avec une puissance évaluée à 70 000 ch. La ville de Munich se réserve la partie entre Munich et Mossburg.

La Disconto Gesellschaft et la banque Friedmann, Bleibtreu et Co ont été chargées de réunir les capitaux. Au point de vue technique la maison Krupp étudie l'exploitation de l'Isar ; la Metallbank, la Mettallurgische Gesellschaft et la Chemische Fabrik Griesheim Electron, celle de l'Inn.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 8. — 23 FÉVRIER 1918.

Chronique. — Le démarrage automatique des moteurs électriques. — La tarification de l'énergie électrique eu égard au cos φ de l'abonné. — Bibliographie : Précis élémentaire de législation financière, p. 273-274.

Section scientifique et technique. — Note sur le champ électromagnétique dans un milieu biaxe, par Marcel BRILLOUIN, p. 275. — Sur les machines magnéto-électriques, par J. BETHENOD, p. 276. — Sur le théorème de la conservation de la puissance réactive, par Marius LATOUR, p. 278. — Revues, analyses et informations : Le Comité électrotechnique français, p. 279; Détermination de la constante c_2 du rayonnement de Planck, p. 279; Perfectionnements aux appareils de génération de courant et d'éclairage, p. 280.

Section industrielle. — Sur l'amélioration du facteur de puissance d'une grande installation de distribution d'énergie électrique, par SCOUMANNE, p. 281. — La distillation du goudron et l'utilisation de ses éléments, par E. PIERNET, p. 301. — Revues, analyses et informations : La situation de l'industrie électrique en Allemagne, p. 303; Notes pratiques : Détermination simple de la rotation de phases, p. 306.

Section économique et financière — Sur la formation des ingénieurs électriciens, par M. CHENAILLE, p. 307. — Assemblées générales : Compagnie générale d'Électricité, p. 308; Sud-Électrique, p. 310.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : Décret portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des voies ferrées d'intérêt local et d'intérêt général, p. 311; Décret portant règlement d'administration publique en exécution de la loi du 13 mars 1917, relative à l'organisation du crédit au petit et au moyen commerce, à la petite et à la moyenne industrie, p. 312.

Le démarrage automatique des moteurs électriques. — La guerre actuelle en provoquant la marche intensive des usines aura soulevé d'importants et intéressants problèmes au nombre desquels se trouve le démarrage automatique des gros moteurs électriques.

Personne n'ignore actuellement qu'il est courant dans la pratique industrielle d'emboutir et d'ogiver à la presse hydraulique les obus de gros calibres tandis qu'au début on se contentait de les fondre et de les tourner. C'est l'obligation de pousser à outrance la production tout en diminuant le prix de revient qui a conduit à adopter l'emboutissage sur une grande échelle. Il a fallu prévoir d'énormes accumulateurs hydrauliques dans lesquels des pompes mues par de puissants moteurs électriques refoulaient l'eau pour entretenir la pression nécessaire. C'est pour la commande de ces moteurs électriques que le démarrage automatique s'est imposé ; il faut en effet arrêter la compression quand l'accumulateur est en haut de sa course, mettre en marche les pompes dès qu'il descend au-dessous d'un certain point.

D'autre part, bien des machines-outils à travail intermittent réclament un dispositif de ce genre, car on a malheureusement constaté que, si l'on confie la manœuvre des gros moteurs électriques à un personnel non exercé, il en résulte des à-coups préjudiciables à la fois au bon fonctionnement du moteur et à la distribution d'énergie. Nous avons, pour notre part, maintes fois constaté des démarrages extrêmement violents parce que « la brute » (il n'y a pas d'autre expression) chargée de conduire le moteur, manœuvrait la manette du rhéostat de démarrage de la même façon qu'un robinet, c'est-à-dire aussi rapidement que son agilité le lui permettait.

Dans ces conditions, on fatigue les moteurs et on provoque des à-coups considérables sur les canalisations. Le démarrage automatique s'impose donc, à la fois pour les Compagnies de distribution dont c'est l'intérêt, aussi bien que pour l'industriel soucieux de la durée de son matériel et des économies de courant qu'il doit réaliser.

Nous n'avons pas l'intention aujourd'hui de passer en revue les systèmes employés, ils sont nombreux et l'industriel n'a que l'embarras du choix. Nous rappellerons simplement que l'on emploie pour le courant continu, soit des systèmes à contacteurs qui éliminent les résistances en entrant progressivement en action au fur et à mesure que la force contre-électromotrice le permet, soit des servo-moteurs analogues aux dispositifs imaginés pour la commande à distance des réducteurs de

Digitized by Google

batteries d'accumulateurs. Avec les moteurs asynchrones à courant alternatif qui se comportent à l'arrêt comme des transformateurs, on ne peut songer à utiliser le phénomène de la force contre-électromotrice ; on emploie alors, soit des contacteurs temporisés, mais dans ce cas, la durée du démarrage est indépendante de la charge, soit une petite dynamo auxiliaire conduite par le moteur qui agit sur des contacteurs en temps voulu.

Quoi qu'il en soit, le démarrage automatique est appelé à se généraliser pour les raisons que nous avons indiquées plus haut, le moteur électrique étant certainement celui qui se répandra le plus dans l'avenir, en particulier le moteur triphasé. Il semble donc qu'il y aurait lieu de prévoir dès maintenant l'emploi de ces appareils automatiques qui existent déjà mais à des prix élevés et demandent parfois de longs délais de livraison. C'est sur ce point que nous avons voulu attirer l'attention des constructeurs, leur ingéniosité et leur activité feront le reste. — A. Soulier.

La tarification de l'énergie électrique eu égard au cos φ de l'abonné. — Nous recevons à ce sujet la lettre suivante :

Dans une remarquable étude, parue le 19 janvier dans la « Revue générale de l'Électricité », M. Boucherot démontre avec la clarté qui lui est coutumière que la tarification de l'énergie électrique eu égard au cos φ de l'abonné doit être basée sur la valeur de la puissance réactive. Afin de permettre la réalisation pratique d'une telle tarification, il préconise la transformation du compteur qui indiquera $\cos^2\alpha\,(UI\cos\varphi + \mathrm{tg}\,\alpha\, UI\sin\varphi)$ au lieu de $UI\cos\varphi$. L'ajustage convenable de tg α permettra, alors, de doser la quantité de la puissance réactive facturée à l'abonné.

Il me semble opportun de rappeler à ce propos un montage simple permettant l'emploi d'un compteur du type courant pour l'enregistrement de la puissance réactive $UI\sin\varphi$.

Dans une note publiée dans « La Lumière électrique » du 3 juin 1911, t. XIV, n° 22, j'ai indiqué qu'un compteur triphasé ordinaire à deux wattmètres enregistre la quantité $\int UI\sin\varphi\,dt$, si l'on a soin d'inverser l'une des bobines d'excitation.

Il suffit de brancher un compteur supplémentaire inversé en série avec le compteur déjà existant chez l'abonné pour obtenir l'élément nouveau de la tarification et ceci sans préjuger de la façon dont on veut en tenir compte. Cette manière de faire paraît présenter l'avantage de laisser intact le compteur existant, consacré par l'usage et surtout de ne pas lui enlever sa qualité précieuse de mesurer une quantité qui est en rapport direct avec la puissance mécanique disponible sur l'arbre du moteur.

Il n'est pas douteux, en effet, qu'on rencontrera des difficultés considérables à faire admettre par la clientèle une tarification nouvelle dont les bases lui échappent et n'ont, en tout cas, aucun rapport avec l'utilisation mécanique de la puissance, pourtant seule intéressante au point de vue de l'abonné. Or, l'emploi d'un compteur unique enregistrant une quantité complexe ne pourra qu'augmenter ces difficultés, l'interprétation mécanique des indications du compteur n'étant plus possible.

Il convient, d'ailleurs, de se demander si, au lieu de lier le prix du kilowatt-heure à la valeur de cos φ, il ne serait pas plus logique d'inciter l'abonné à améliorer le facteur de puissance en faisant varier le taux de la redevance fixe payable par cheval de puissance mise à la disposition du client.

La réponse à cette question ressort de l'exposé même de M. Boucherot démontrant que la valeur de cos φ se fait sentir sur toutes les installations nécessaires à la desserte du client en conduisant à des frais de premier établissement d'autant plus élevés que le facteur de puissance est plus bas.

Dès lors, il paraît naturel de faire participer l'abonné à ces frais en lui imposant une redevance proportionnelle à la puissance dont il dispose et en subordonnant, dans une certaine mesure, le taux de la redevance à la valeur de facteur de puissance propre à son installation.

L'application du nouveau mode de tarification sera facile dans de très nombreux secteurs qui ont déjà adopté le tarif de la forme $a + bx$, où x désigne le nombre de kilowatts-heures, a la redevance fixe et b le prix du kilowatt-heure, souvent variable avec le cours des charbons. La seule modification consistera dans la suppression de l'absolue invariabilité de la redevance fixe qui dépendra, dans certaines limites, du cos φ moyen du mois déterminé par la lecture simultanée de l'index de compteur spécial de puissance réactive et du compteur ordinaire.

V. Genkin,
Ingénieur du service électrique à la Société du Gaz et de l'Électricité de Marseille.

Bibliographie : Précis élémentaire de Législation financière, par M. Moye, professeur à la Faculté de Droit de l'Université de Montpellier [1]. — Les questions financières augmentent chaque jour de gravité et d'importance. Impôts remaniés, augmentés, créés, emprunts émis par dizaines de milliards, répercussions fiscales formidables d'une guerre sans précédent, tout cela préoccupe justement les personnes soucieuses tant du crédit de la France que de leurs fortunes privées. Aussi, bien des personnes voudraient se rendre compte du mécanisme fiscal dont le poids est toujours plus lourd.

On croit souvent compliquées et obscures les règles générales de l'organisation financière de la France. Cependant elles peuvent se ramener à un petit nombre de principes accessibles à tous. C'est ce que constatera le lecteur de l'ouvrage que nous lui présentons et dont l'apparition, en peu d'années, d'une cinquième édition est un témoignage suffisant de la faveur du public. Sous un volume restreint, il y trouvera les données nécessaires pour l'aider à mieux profiter des enseignements des ouvrages plus détaillés. D'autre part, l'auteur a pris soin de réduire au minimum l'emploi du style technique juridique, de façon à pouvoir être facilement lu et compris par toute personne désireuse d'être documentée sur les impôts payés, les emprunts souscrits et la situation financière de la France.

[1] Un vol. 18 cm × 12 cm., 432 pages, cinquième édition, 1917. Librairie de la Société du recueil Sirey, 22, rue Soufflot, Paris V^e^. Prix : cartonné 8.50 fr, broché 7 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Note sur le champ électromagnétique dans un milieu biaxe

Cette note aurait dû servir d'introduction au savant article publié dans le dernier numéro de la « R. G. E. », p. 243; elle nous est parvenue trop tard pour pouvoir être insérée dans ce numéro. On y trouvera un rappel historique des divers travaux qui ont amené l'auteur à reprendre l'étude du champ électromagnétique d'un élément de courant dans un milieu biaxe.

Les propriétés générales des milieux anisotropes sont beaucoup moins connues que celles des milieux isotropes; seules les propriétés statiques des milieux théoriques (sans hystérèse; et définies par des équations linéaires) sont presque aussi simples que celles des milieux isotropes, parce qu'elles ne dépendent que d'une équation aux dérivées partielles du *second* ordre (1).

Quant aux propriétés dynamiques, par exemple, aux propriétés électro-optiques, les *physiciens* ont tellement pris l'habitude de *ne pas* se poser la question (2) qu'ils ignorent généralement que la solution fait fâcheusement défaut.

En deux mots, on connaît la forme de la surface d'onde dans les uniaxes et les biaxes. Mais, il n'y a guère plus de quinze ans que l'on connaît, sous une forme encore trop compliquée et un peu décevante, la répartition des amplitudes dues aux différentes sources physiques — doublets électriques variables, ou doublets magnétiques variables — jusqu'au voisinage de la source, *dans les uniaxes seulement*. Cette répartition, bien entendu, n'est pas la même pour un doublet axial que pour un doublet équatorial; elle n'est pas la même pour un doublet magnétique (petit circuit fermé) que pour un doublet électrique (résonnateur linéaire de Hertz). On ne peut donc même pas parler de *la* répartition des amplitudes et des polarisations sur la surface d'onde, mais des *quatre* types de répartition qui correspondent aux *quatre* types de doublets élémentaires.

La solution a été donnée explicitement pour les doublets par M. Conway (3). En même temps, M. Grünwald, abordant la question par un autre biais, dans un long mémoire (4), a établi des formules d'une apparence surchargée de signes d'intégration, qui équivalent à celles de M. Conway, en définitive; il a annoncé un mémoire où seraient explicitement écrites et discutées les formules relatives aux doublets; mais je n'ai pas réussi à savoir s'il a été publié.

(1) Voir le rapport de M. Vogt au Congrès de Physique de 1900, et surtout son ouvrage capital *Lehrbuch der Kristallphysik*, 1910.

(2) Voir tous les ouvrages de physique en toutes langues, y compris les traités de Physique mathématique.

(3) *Proc. L. Mat. Soc.*, XXXV, 1902-1903.

(4) *Ac. Sc. Vienne*, 1902.

Enfin en 1912, M. Signorini, de l'Ecole normale de Pise, a publié (1) un mémoire très étendu, dans lequel il retrouve, par une voie un peu différente, des formules équivalentes à celles de M. Grünwald, mais toujours sans isoler les doublets sources. Comme M. Grünwald, il traite surtout quelques-uns de ces problèmes généraux qu'affectionnent beaucoup de physico-mathématiciens.

Tous ces auteurs ont laissé subsister dans leurs formules une quadrature inutile, et l'ont explicitement interprétée comme indiquant l'existence de ce qu'on appelle une *onde résiduelle*, ou *traînée* qui s'étendrait sur toute l'épaisseur comprise entre l'onde ordinaire et l'onde extraordinaire. Reprenant la question ab ovo, j'ai montré que les intégrations se font complètement, et sans onde résiduelle. Il n'y en a pas plus dans les uniaxes que dans les milieux isotropes (2).

La question des biaxes est incomparablement plus difficile, d'abord parce que les deux nappes doivent être traitées à la fois, et surtout parce que la décroissance en fonction de la distance n'est pas liée d'une manière connue au retard. Lamé a le premier essayé de traiter la question pour un point source, et a cru l'avoir résolue (3); mais on a vite remarqué que, dans ses formules, les deux axes optiques émanés du point source sont eux aussi des sources, le long desquelles l'amplitude est infinie. Le caractère compliqué de ces singularités a été particulièrement bien étudié et discuté par M. Volterra (1892). Mais c'est toujours sur la solution de Lamé qu'on est retombé sans aucun progrès jusqu'à présent.

C'est cette question des sources dans les biaxes, sur laquelle mon attention a été rappelée à l'occasion des premiers articles que la « Revue générale de l'Electricité » a accueillis sur les théories électriques générales, et qui en a causé l'interruption. Reprenant la question où je l'avais laissée il y a quelques années, après plusieurs mois d'efforts infructueux et naturellement inédits, j'y ai consacré tout mon temps depuis lors. Sur un sujet où tous trébuchent au même endroit, il faut savoir

(1) *Ann. Sc. Norm. Pisa.*

(2) *Bulletin des Sciences mathématiques*, janvier 1918.

(3) *Leçons sur l'élasticité*, (22e et 23e), 1862.

Digitized by Google

provisoirement se contenter de peu. C'est ce peu que j'ai publié ici ; la formule (42) de la page 247 montre bien comment des termes qui deviennent infinis séparément le long des axes optiques sont associés de manière à fournir une combinaison finie.

Il y aura quelque chose d'analogue dans l'onde périodique, comme il y a quelque chose d'analogue, mais de beaucoup plus simple, le long de l'axe optique des uniaxes.

Il est assez curieux de constater que, même dans l'ouvrage si complet de M. Vogt sur les cristaux, il n'est pas question du champ magnétique créé dans un milieu anisotrope indéfini par un courant constant. C'est la loi élémentaire de ce phénomène simple qui a été établie, pour un élément de courant d'orientation quelconque, dans un cristal biaxe.

Marcel BRILLOUIN,
Professeur au Collège de France.

Sur les machines magnéto-électriques

MAGNÉTOS D'ALLUMAGE

L'auteur développe quelques considérations simples qui sont destinées à compléter et à préciser sur certains points une étude antérieure de M. Armagnat sur le même sujet.

Dans un article paru sous ce même titre, M. H. Armagnat a publié (1) une très intéressante étude, pratique et théorique, sur le calcul des magnétos d'allumage, laquelle étude constitue le seul travail sérieux existant encore actuellement en la matière.

La lecture de l'article en question nous a rappelé une ébauche de théorie que nous avions entreprise nous-même, il y a cinq années environ, pour notre usage personnel, et que les circonstances ne nous ont pas permis d'achever (2).

Aussi avons-nous cru suffisamment intéressant d'indiquer ci-dessous quelques considérations simples qui pourront compléter, à certains égards, les indications fournies par M. Armagnat.

Dans l'étude de la marche à grande vitesse, celui-ci aboutit à une formule (12), (p. 328) (3) très simple, pour l'établissement de laquelle il suppose que la self-induction de l'enroulement de la bobine Siemens est indépendante de la position de cette bobine dans le champ des aimants. Or, justement, en cherchant à établir une formule analogue à la formule (12) en question, nous nous étions aperçu que *l'hypothèse de L constant n'est pas du tout nécessaire pour cet établissement.*

Négligeant, en effet, la résistance ohmique R, *mais supposant L variable suivant une loi quelconque*, la formule (1) (4) de l'article précité (p. 325) devient

$$nS\frac{d\mathcal{B}}{dt}=\frac{d(Li)}{dt},$$

dont l'intégration immédiate donne, pour le courant circulant au temps t

$$i=\frac{nS}{L}(\mathcal{B}-\mathcal{B}_f),$$

formule qui ne diffère de la formule de M. Armagnat que par le fait que L désigne le coefficient de self-induction *instantané* correspondant à la valeur de l'induction dans le noyau, pour un instant déterminé.

Naturellement, l'on pourra utiliser avantageusement, pour l'évaluation des variations de L, des courbes expérimentales analogues à celle obtenue (fig. 1) par M. Armagnat au moyen de la circulation d'un courant alternatif à intensité constante. Cette courbe montre que L varie sensiblement du simple au double pendant un quart de tour du rotor, ce qui prouve que le tracé des courbes de courant peut être très affecté par cette varia-

(1) *La Revue électrique* du 16 avril 1915, t. XXIII, p. 321 et suivantes.

(2) Cette note a d'ailleurs été rédigée, pour la plus grande partie, en juin 1915, mais sa publication a dû être reculée pour divers motifs.

(3) La formule (12) de l'article de M. Armagnat est la suivante

$$i=\frac{nS}{L}(\mathcal{B}-\mathcal{B}_f),$$

où n est le nombre de spires enroulées sur le noyau, S la section transversale du noyau, $\mathcal{B}$ l'induction magnétique produite dans le noyau par l'aimant, $\mathcal{B}_f$ cette même induction au moment de la fermeture; L la self-induction *supposée constante* du circuit.

(4) Cette formule est

$$nS\frac{d\mathcal{B}}{dt}=L\frac{di}{dt}+Ri,$$

elle s'établit immédiatement. Pour la signification des symboles voir la note 3, colonne 1.

Digitized by Google

tion, et que l'hypothèse inutile $L = \text{const.}$ peut conduire à des erreurs de tracé plus importantes, *aux grandes vitesses*, que celle provenant de l'hypothèse $R = C$.

D'ailleurs, la formule (5) (1) de M. Armagnat demeure également exacte lorsque L varie suivant une loi quelconque; par conséquent, son ingénieuse méthode

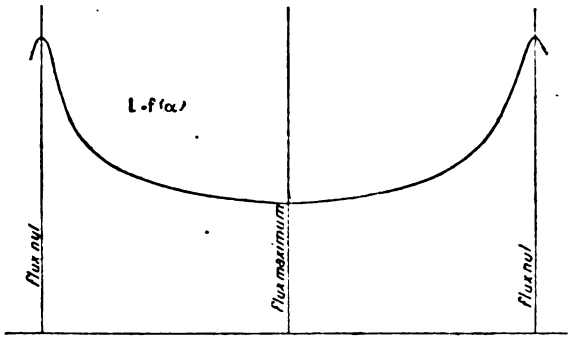


Fig. 1.

d'approximation (formule (11)) peut encore être appliquée dans ce cas, par une généralisation immédiate.

En terminant, nous nous permettons d'ajouter quelques réflexions au sujet du couple d'arrachement c; sans chercher à évaluer ce couple au moyen d'une formule directement applicable au cas d'un aimant permanent, nous examinerons le cas d'un électro-aimant, à une spire parcourue par le courant, tel que l'on puisse appliquer la formule classique de A. Vaschy (2).

$$(2) \qquad c = \frac{I}{2} \times \frac{d\Phi}{d\theta},$$

en désignant par Φ le flux total correspondant à un angle θ entre l'axe de la navette et la ligne des pôles (3).

Il est assez intéressant de constater que, si l'on évalue d'après (2) la puissance instantanée P nécessitée par l'arrachement, elle vaut

$$P = c\frac{d\theta}{dt} = \frac{I}{2} \times \frac{d\Phi}{dt},$$

c'est-à-dire est proportionnelle à la force électromotrice e_1 qui serait induite dans la spire magnétisante de l'électro-aimant supposée parcourue par le courant constant I. Il en est de même du couple, lorsque la vitesse angulaire $\frac{d\theta}{dt}$ est uniforme.

Cette force électromotrice e_1 est d'ailleurs généralement tout à fait distincte de celle e_2 créée dans l'enroulement disposé sur la navette; par exemple avec un électro-aimant non saturé, l'on peut écrire en effet

$$e_1 = I.\frac{dL}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt},$$

et

$$e_2 = I.\frac{dM}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt},$$

L étant le coefficient de self-induction ($\Phi = LI$) du stator, et M le coefficient d'induction mutuelle entre le stator et le rotor. Les forces électromotrices e_1 et e_2 ne suivront donc pas d'habitude la même loi de variation (1).

A cet égard, l'étude de M. Armagnat peut paraître prêter à quelque ambiguïté; en outre, l'effort tangentiel individuel dû à chaque pôle du stator sera d'habitude, à notre avis, notablement inférieur à 40 kg, et ceci est corroboré en gros par les essais d'arrachement que l'on peut faire avec des aimants de magnéto.

Ces très légères observations ne sauraient diminuer la grande valeur du travail de M. Armagnat, qui, nous le répétons avec plaisir, peut être considéré comme offrant un intérêt technique important.

J. Bethenod.

(1) Cette formule est

$$i = \frac{nS}{L}(\mathcal{B} - \mathcal{B}_f) - \frac{R}{2\pi mL}\int i\,d\alpha$$

M étant la vitesse angulaire en tours par seconde, et α l'angle qui définit la position de la bobine.

(2) A. Vaschy. *Electricité et Magnétisme*, 1890, t. II, p. 34.

(3) Notre intention n'est pas de discuter ici sur la légitimité d'une assimilation d'un aimant permanent à un électro-aimant dont les ampères-tours sont invariables, conformément aux idées d'Ampère. Nous rappellerons seulement, pour l'instant, à ceux que le sujet intéresse, les quelques études suivantes :

M. E. Carvallo. *L'Électricité* (collection Scientia), p. 45 et suivantes.

H. Poincaré. Etude du récepteur téléphonique, *L'Eclairage électrique*, 16 février 1907, t. L, n° 7, p. 221 et suivantes,

pour la partie théorique et

P. Gasnier. *L'Industrie électrique*, 25 septembre 1899, t. VIII, p. 414, pour la partie expérimentale.

(1) Prenons par exemple le cas très simple où

$$M = M_0 \cos\theta,$$

$$L = L_0(1 + \cos^2\theta).$$

Dans ce cas l'on obtient

$$e_1 = -2IL_0 \cos\theta \sin\theta \frac{d\theta}{dt} = -IL_0 \sin 2\theta \frac{d\theta}{dt},$$

et

$$e_2 = -IM_0 \sin\theta \frac{d\theta}{dt}.$$

e_1 passe donc par 4 maxima par tour, tandis que e_2 n'en présente que deux, résultat d'ailleurs évident a priori.

Digitized by Google

Sur le théorème de la conservation de la puissance réactive

Les notes successives qui ont été publiées au cours de l'année 1917, dans la « Revue générale de l'Electricité », par MM. G. Szarvady, H. Barthélemy, E. Haudié, concernant le théorème de la conservation de la puissance réactive de M. Boucherot (1), nous remettent en mémoire l'article que nous avons publié nous-même; il y a une dizaine d'années, sous le titre : « Sur quelques théorèmes généraux relatifs à l'Électrotechnique » (2).

A cette époque, M. P. Boucherot avait déjà énoncé le théorème de la conservation de la puissance magnétisante, mais M. Langevin n'avait pas encore fourni la démonstration qui en est donnée depuis dans le cours professé par M. Boucherot à l'Ecole supérieure d'Électricité. Nous devons dire d'ailleurs que ce théorème de la conservation de la puissance magnétisante, dans le cas considéré d'un réseau industriel comportant un ensemble d'appareils montés en dérivation ou en série, nous paraissait correspondre à une constatation assez immédiate. L'habileté de M. Boucherot était surtout, à notre sens, d'avoir dégagé et formulé le théorème pour s'en aider dans les projets et les calculs.

Au cours d'une conversation que nous eûmes avec Henri Poincaré et M. Maurice Leblanc, au début de 1907, nous attirâmes l'attention d'Henri Poincaré sur l'impossibilité physique où l'on se trouvait de réaliser un système auto-excitateur sans capacités ou sans collecteurs (3), avec l'espoir qu'il pourrait faire une démonstration théorique de cette impossibilité, ce qu'il entreprit effectivement (4).

De son côté, M. Leblanc avait envisagé un aspect moins général de cette impossibilité sous la forme suivante :

« Dans un système de circuits électriques *fixes* ne comportant pas de capacités, quelles que soient les inductions mutuelles les plus complexes des circuits deux à deux, si l'on applique dans l'un de ces circuits une tension alternative, cette tension débite toujours nécessairement un courant déphasé en arrière. »

La démonstration de cette propriété particulière dans notre article rappelé plus haut nous conduisit aux théorèmes suivants :

I. — *Étant donné un système complexe de circuits fixes dépourvus de capacité, quelles que soient les inductions mutuelles des circuits deux à deux et quels que soient les parcours communs de ces circuits, tout se passe, au point de vue du courant débité par une force électromotrice introduite dans un quelconque des circuits, comme si elle agissait sur un circuit unique ayant une certaine résistance et un certain coefficient de self-induction.*

II. — *Étant donné un système de p circuits, si l'on désigne par M_m^n le coefficient d'induction entre le circuit m et le circuit n, le déterminant*

$$\begin{vmatrix} M_1^1 M_1^2 M_1^3 \ldots\ldots M_1^p \\ M_1^2 M_2^2 M_2^3 \ldots\ldots M_2^p \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ M_p^1 M_p^2 M_p^3 \ldots\ldots M_p^p \end{vmatrix}$$

constitué avec tous les différents coefficients d'induction des circuits est nécessairement positif.

Cas particulier bien connu pour deux circuits :

$$\begin{vmatrix} M_1^1 M_1^2 \\ M_2^1 M_2^2 \end{vmatrix} = (\text{avec la notation connue}) \begin{vmatrix} L_1 M \\ M L_2 \end{vmatrix} = L_1 L_2 - M^2 > 0.$$

III. — *Dans le cas où l'on introduit des forces électromotrices E_1, E_2, E_3,... E_p dans chacun des p circuits, les puissances totales wattées et magnétisantes fournies au système sont respectivement la somme des puissances wattées et magnétisantes fournies par chacune des forces électromotrices comme agissant séparément.*

Si la généralisation du théorème de la conservation de la puissance magnétisante était faite *en tenant compte de toutes les réactions inductives possibles des circuits deux à deux*, on pourrait aboutir à ces conclusions par la voie même de ce théorème.

Cette généralisation est possible, mais il ne semble pas qu'elle ait été faite. La démonstration du théorème général devient alors plus compliquée.

Marius LATOUR.

(1) *Revue générale de l'Électricité*, 30 juin, t. I, p. 1015; 8 septembre, t. II, p. 666; 20 octobre, t. II, p. 601; 29 décembre, t. II, p. 1012.

(2) *L'Éclairage électrique*, 6 avril 1907, t. LI, p. 555.

(3) Voir notre communication à la Société internationale des Electriciens, de mai 1902.

(4) *La Lumière électrique*, 2 mars 1907, t. I, p. 923.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Comité électrotechnique français.

SÉANCE DU 24 JANVIER 1918.

La séance est ouverte à 14 h. 45, sous la présidence de M. Eschwege, vice-président du Comité.

Etaient présents : MM. Armagnat, Beaujard, Blondin, Boucherot, Brylinski, Cordier, David, Desroziers, Desjacques, Eschwege, Guilbert, Labour, Larnaude, Legouez, F. Meyer, Paré, Perrin, Rochegranjean, Roux, Sailly, Sée, Zetter.

Excusés : MM D. Berthelot, Desjuzeur, Ferrié, Fontaine, Janet, Laporte, Pouquet.

1° Lecture est donnée du procès-verbal de la dernière séance (1).

Au sujet du délai de trois mois accordé aux sociétés adhérentes pour faire connaître leurs observations sur les propositions du Comité, M. Brylinski rappelle que le Comité a décidé de prendre une décision définitive sur les *tensions de distribution et de transport* au cours de la prochaine séance.

Aucune observation n'est faite sur cette proposition

2° *Election du président.* — Sur la proposition de M. Eschwege, vice-président, M. Brylinski est élu, à l'unanimité, président du Comité.

M. Brylinski prend la présidence. Il remercie ses collègues de la confiance qu'ils viennent de lui témoigner et leur assure son entier dévouement à l'œuvre du Comité. Il s'efforcera de suivre, dans les travaux, la vigoureuse impulsion donnée par son prédécesseur, M. Picou, dont il a très vivement regretté la décision de quitter la présidence.

3° *Approbation des comptes.* — M. le Président donne lecture des comptes de 1914, 1915 et 1916.

Les comptes sont approuvés à l'unanimité.

Des remerciements sont adressés au trésorier et au secrétaire pour la façon très économique dont les fonds du Comité ont été gérés.

4° *Correspondance.* — *a*) Renouvellement du Comité. — M. le Président donne lecture des noms des nouveaux mandataires désignés, jusqu'ici, par les sociétés adhérentes.

b) Lettre du Bureau central informant le Comité que le Comité britannique désire s'entendre avec lui au sujet de l'*unification des supports et culots de lampes à incandescence.*

Le Comité décide que les propositions actuellement à l'impression seront envoyées au Bureau central. M. Zetter est chargé de l'examen des documents joints à la lettre du Bureau central.

5° *Tensions de distribution et de transport.* — M. le Président donne lecture du fascicule, en indiquant les modifications proposées.

Au sujet de la nouvelle série des *tensions de distribution égales ou supérieures à 1 000 v*, à savoir : 1 000 — 3 000 — 5 500 — 10 000 — 13 500 — 15 000 et 22 000 v.

M. Boucherot déclare qu'il voudrait voir supprimer l'une des deux tensions 13 500 ou 15 000 v, ces deux tensions étant très voisines.

Après échange d'idées entre MM. Boucherot, Brylinski, Legouez, Eschwege, Armagnat et Labour, la nouvelle série de tensions est adoptée à une grande majorité.

Pour les tensions de transport, on propose de les définir comme les valeurs moyennes au départ de l'usine et d'adopter la série : 30 000 — 45 000 — 60 000 — 75 000 — 90 000 et 120 000 v.

(1) Voir *R. G. E.*, 12 janvier 1918, t. III, p. 59.

Il résulte, de là, que l'observation qui figurait à l'article 2 disparaîtrait complètement.

Ces propositions sont adoptées.

Il n'est pas apporté de modifications aux autres articles.

M. le Président communiquera ces décisions à M. Picou, en vue de l'avis demandé par le ministère des Travaux publics.

6° *Câbles armés isolés au papier imprégné.* — Les corrections nécessitées par l'adoption des séries de tensions proposées sont apportées au fascicule des câbles.

7° *Règles pour les machines.* — M. Legouez dit qu'il a envoyé au Comité une note renfermant les modifications demandées par l'Union des Syndicats de l'Électricité ; il demande que ces modifications soient adoptées.

M. Boucherot fait observer qu'une question de principe de la plus haute importance doit être posée dès maintenant. Il remarque, en effet, que les températures limites et les échauffements proposés par l'Union des Syndicats de l'Électricité sont supérieurs de 5° C. aux valeurs adoptées jusqu'ici par le Comité en conformité avec les décisions de la Commission électrotechnique internationale. L'Union des Syndicats de l'Électricité a bien fait observer que les valeurs qu'elle propose sont en accord avec celles qui se trouvent dans des règles publiées, depuis la guerre, par les Comités américain et britannique ; mais M. Boucherot estime que cette raison est insuffisante pour autoriser le Comité français à ne pas respecter les décisions prises par la Commission internationale. Une telle façon de faire peut porter la plus grave atteinte à l'autorité de la Commission et causer de très grands préjudices à certains pays. En conséquence, M. Boucherot demande qu'une lettre soit adressée au Bureau central et que l'attention du secrétaire général soit particulièrement attirée sur la question.

Après échange d'idées, il est décidé que M. le Président écrira au Bureau central dans le sens indiqué par M. Boucherot.

On passe ensuite à l'examen des modifications demandées par l'Union des Syndicats de l'Électricité. Cet examen est poursuivi jusqu'à l'article 33.

La séance est levée à 16 h. 40.

Détermination de la constante c_2 du rayonnement de Planck (1).

PRINCIPE DE LA MÉTHODE. — La méthode consiste à mesurer le rapport des intensités relatives à une même longueur d'onde pour deux températures connues. Pour les longueurs d'onde et les températures envisagées, l'équation de Planck,

$$E = c_1 \lambda^{-5} \frac{1}{e^{c_2/\lambda T} - 1},$$

est équivalente à la forme donnée par Wien

$$E = c_1 \lambda^{-5} e^{-c_2/\lambda T},$$

à moins de $\frac{1}{10\,000}$ près. Utilisant la forme de Wien, le rapport des intensités fournit la relation

$$\log_n \frac{E_2}{E_1} = \frac{c_2}{\lambda}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right),$$

la mesure directe de λ, $\frac{E_2}{E_1}$, T_1 et T_2 (voir mémoire original) permet de calculer c_2.

(1) C. E. MENDENHALL. *Physical Review*, novembre 1917, 2e série, t. X, p. 515-524, 4 200 mots.

Digitized by Google

Résultats. — L'auteur obtient ainsi la valeur

$$c_2 = 14\,400,$$

en bon accord avec les déterminations antérieures :

Reichsanstalt	14 300
Coblentz	14 322 et 14 369
Hyde, Cady et Forsythe	14 460

Relation entre c_2 et d'autres constantes. — D'après la théorie de Planck, c_2 est relié à un certain nombre d'autres constantes par les équations suivantes :

$$\lambda_m T = \frac{c_2}{4,9651},$$

$$h = \frac{a c_2^4}{48\pi^4 V^2},$$

$$k = \frac{a c_2^3}{48\pi^2},$$

où $a = \frac{4\sigma}{C}$ désigne la constante du rayonnement total ; h, la constante de Planck relative à la théorie des quanta ; k la constante de probabilité de Planck ; α un coefficient égal à 1,0823 et V la vitesse de la lumière.

Ces relations permettent un certain nombre de vérifications. Il est intéressant, en particulier, de comparer les valeurs de h et de k déduites uniquement de mesures de rayonnement avec la valeur de h obtenue par Millikan à l'aide de méthodes photo-électriques et avec la valeur de k calculée par Millikan à partir de la valeur e qu'il a obtenue pour la charge électrique élémentaire et de la constante R des gaz. Pour ces vérifications, l'auteur a utilisé la plus récente valeur de σ obtenue par Westphall (valeur citée par Millikan), soit

$$\sigma = 5,67.10^{-12}\ \frac{\text{watts}}{\text{cm}^2.\text{deg}^4}.$$

En partant de $c_2 = 14\,400$ on obtient

$$h = 6,654.10^{-27},$$
$$k = 1,383.10^{-16},$$

les valeurs de Millikan sont

$$h = 6,547.10^{-27}$$
$$k = 1,372.10^{-16}.$$

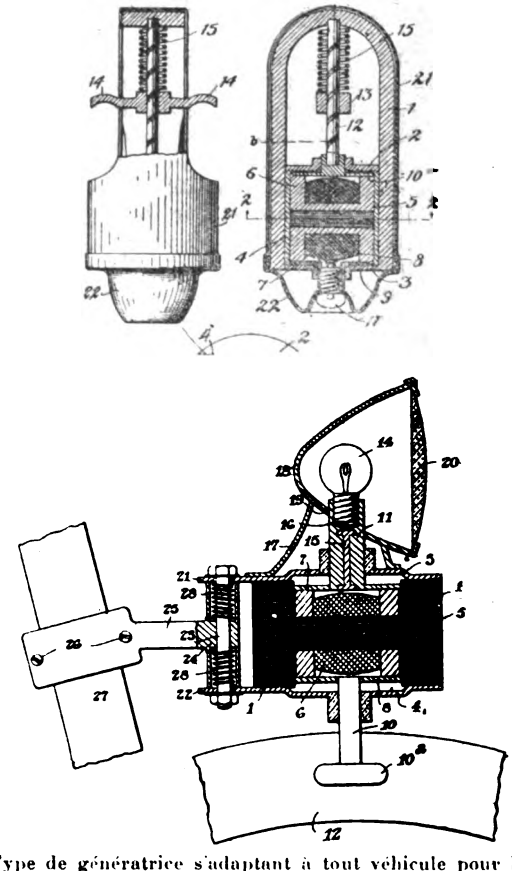
En partant de la valeur de σ établi par Coblentz, $\sigma = 5,72.10^{-12}$, l'écart entre les valeurs h et k obtenues par les deux méthodes est encore plus grand. Reste à élucider la signification et l'origine de ces écarts. A. B.

Perfectionnements aux appareils de génération de courant et d'éclairage (1).

Le principe de ce dispositif consiste en une dynamo munie d'une partie mobile portant une bobine génératrice. Une lampe est montée dans une embase de la carcasse de la dynamo et est munie d'une borne en contact direct avec une borne de la bobine génératrice. Cette lampe est donc portée par la partie mobile et tourne avec cette partie. La figure 1 est une coupe longitudinale d'une forme de l'appareil. La figure 2 est une vue en coupe de l'appareil modifié. 1 désigne un aimant permanent en forme d'U. Entre les pôles de l'aimant est fixée une carcasse entourant un induit à peu près cylindrique. Cette carcasse comprend les têtes non magnétiques 2 et 3 entre lesquelles sont fixées les pièces polaires magnétiques 4 et 5. L'induit porte l'enroulement générateur 7, dont une extrémité est mise à la terre sur le noyau de l'induit et dont l'autre extrémité est reliée à la borne isolée 8.

(1) Harry-Randolphe van Deventer (États-Unis d'Amérique). *Brevet français n° 482 993*, demandé le 26 septembre 1916, délivré le 24 février 1917, publié le 16 mai 1917, 1 600 mots, 5 fig.

L'induit est muni de deux têtes 9 et 10 ; la première est percée et est munie dans la figure 1 d'une douille à bride pour recevoir la lampe 11, dont la borne d'embase est en contact électrique avec la borne isolée 8 de l'induit. Pour la rotation de l'induit, on a prévu un arbre 12 avec une rainure en spirale dans laquelle glisse un écrou 13 muni de bras en saillie ou de prise de doigts. Un ressort de compression 15 est prévu entre l'écrou et le cintre de l'aimant, cintre dans lequel tourillonne l'extrémité de l'arbre. L'ensemble est contenu dans une enveloppe en tôle munie de rainures latérales pour le passage des prises de doigts de l'arbre. Cette machine est destinée à être montée sur un véhicule et à être actionnée par une partie mobile de ce dernier, une roue, par exemple. Dans la figure 2, la dynamo génératrice comprend plusieurs aimants permanents assemblés en un groupe, chaque aimant comportant un pôle N et un pôle S. L'arbre de commande 10 porte une roue 10 a, en prise par frottement avec le bandage 12 de la roue du véhicule. A l'autre extrémité de l'induit est fixé un réflecteur 18 sur un support 17. Les plaques de bout 3 et 4 (fig. 3) sont munies de prolongements 21 et 22, qui sont fixés par un boulon 23 sur un barillet 24. Ce dernier comporte à son extrémité arrière un bras 25 formant partie de la fixation usuelle, par des boulons 26, à la barre ou tube frontal du cadre d'une bicyclette. On voit que la lampe est fixée directement, dans les deux cas, à une plaque de bout de l'induit et qu'elle tourne avec cet induit. Cette disposition permet de supprimer tous les balais, connexions frottantes ou contacts mobiles. Le tout est enfermé dans une boîte étanche et protégée contre l'humidité. — E. P.



Type de génératrice s'adaptant à tout véhicule pour lui fournir son éclairage.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Sur l'amélioration du facteur de puissance d'une grande installation de distribution d'énergie électrique

Dans la première partie de son étude, parue dans le numéro du 9 février 1918, t. III, p. 211 de la « R. G. E., » l'auteur étudiait les différents procédés qu'on pourrait employer pour améliorer le facteur de puissance des réseaux de distribution d'électricité. Dans la deuxième partie ci-dessous, l'auteur étudie l'application de ces procédés à l'amélioration du facteur de puissance du réseau de la Société « Force électrique » de Bakou dont il est le directeur. Cette étude très approfondie pourra servir d'exemple aux producteurs et distributeurs d'énergie électrique qui désireraient augmenter le facteur de puissance de leurs réseaux. La question est du plus vif intérêt, étant donnée la faiblesse du facteur de puissance que l'on observe actuellement sur la plupart des réseaux français.

DEUXIÈME PARTIE : Application à l'installation de Bakou.

I. **Caractère des installations et choix du système.** — J'ai déjà eu l'occasion [1] de décrire succinctement les installations de la Société « Force électrique » desservant toute l'industrie naphtifère de la région de Bakou et d'en donner un schéma d'ensemble que je reproduis ici (fig. 9).

La partie de ces installations dont il a été décidé d'améliorer le facteur de puissance comprend les réseaux de Sabountchy, Romany et Sourakany alimentés par la centrale de Ville-Blanche. Le projet est établi en supposant terminées les extensions en cours actuellement.

La centrale aura une puissance de 55 000 kw avec 36 000 kw de charge normale. Le courant est produit sous une tension triphasée de 6 000 v et transformé à 20 000 v dans deux sous-stations situées à côté de la centrale et équipées l'une à l'aide de 4 transformateurs de 3 000 kv-a et 2 de 10 000 kv-a et l'autre à l'aide de 4 transformateurs de 10 000 kv-a. L'énergie est transmise aux réseaux par 12 lignes aériennes à 20 000 v. Six d'entre elles d'une section totale de 3×470 mm² et d'une longueur de 7 750 m aboutissent à la sous-station de Sabountchy ou sous-station S et les six autres d'une section totale de 3×450 mm² et d'une longueur de 9 000 m aboutissent à la sous-station Romany ou sous-station R. Enfin, une troisième sous-station, celle de Sourakany, est alimentée par deux lignes aériennes à 20 000 v également, d'une section totale de 3×100 mm² et d'une longueur de 4 000 m partant de la sous-station R.

Les réseaux primaires sont à 20 000 et à 6 000 v. Le réseau à 20 000 v, est alimenté par deux points : les sous-stations R et S qui pour ce réseau servent simplement de point de passage des lignes aériennes en câbles. Le réseau à 6 000 v est alimenté par trois points : les sous-stations R, S, Sourakany.

La sous-station S est équipée à l'aide de 4 transformateurs de 2 500 kv-a. La sous-station R, à l'aide d'un transformateur de 2 000 kv-a, de 2 de 1 000 kv-a et de 4 groupes de 3 transformateurs monophasés de 75 kv-a chacun et la sous-station de Sourakany à l'aide de 4 transformateurs de 2 000 kv-a chacun.

L'énergie distribuée par les réseaux primaires à 20 000 et à 6 000 v est transformée à 1 000 v dans les cabines de transformation. Celles-ci ont une puissance variant de 1 000 à 6 000 kv-a pour le réseau à 20 000 v et de 300 à 2 000 kv-a pour le réseau à 6 000 v.

Chaque cabine de transformation constitue un centre de distribution d'où rayonnent des câbles à 1 000 v alimentant des cabines de distribution auxquelles sont raccordés, chacun par un câble séparé, les moteurs desservant les puits à naphte.

Le nombre de ces moteurs, qui dépasse 1 600 actuellement, doit s'élever à 2 400 environ au moment de la mise à exécution du projet d'amélioration du facteur de puissance. Ce sont des moteurs triphasés de 60 à 90 ch d'un type spécial : le rotor non muni de bagues de contact est complété par une résistance ohmique connectée en série avec l'enroulement lorsque le moteur est au repos ou tourne à faible vitesse, et mise automatiquement en court-circuit par un régulateur à force centrifuge lorsque le nombre de tours atteint une certaine valeur. Ce dispositif permet d'effectuer le démarrage par la seule manœuvre d'un interrupteur, ce qui est indispensable, étant donné le niveau intellectuel extrêmement bas des ouvriers auxquels ces moteurs sont confiés.

Le régime de marche des moteurs est fort variable : ils travaillent pendant une grande partie du temps à vide, avec, au moment de la remonte de l'épuisette, ou des tiges de sondage, des à-coups violents pouvant atteindre pendant quelques secondes des surcharges de 100 à 200 pour 100 ; leur puissance moyenne ne dépasse pas 15 kw par moteur.

[1] *R. G. E.*, 11 et 13 août 1917, t. II, p. 215 et 255.

Digitized by Google

Cependant, à cause du très grand nombre des moteurs en service, les à-coups s'équilibrent ; dans les cabines de distribution groupant 10 à 20 moteurs ils sont déjà fort atténués, et dans les cabines de transformation alimentant de 20 à 150 moteurs, ils sont à peine sensibles. A la centrale la charge est parfaitement constante et comme le travail des champs naphtifères se poursuit nuit et jour, dimanches et jours de fête, la charge est presque

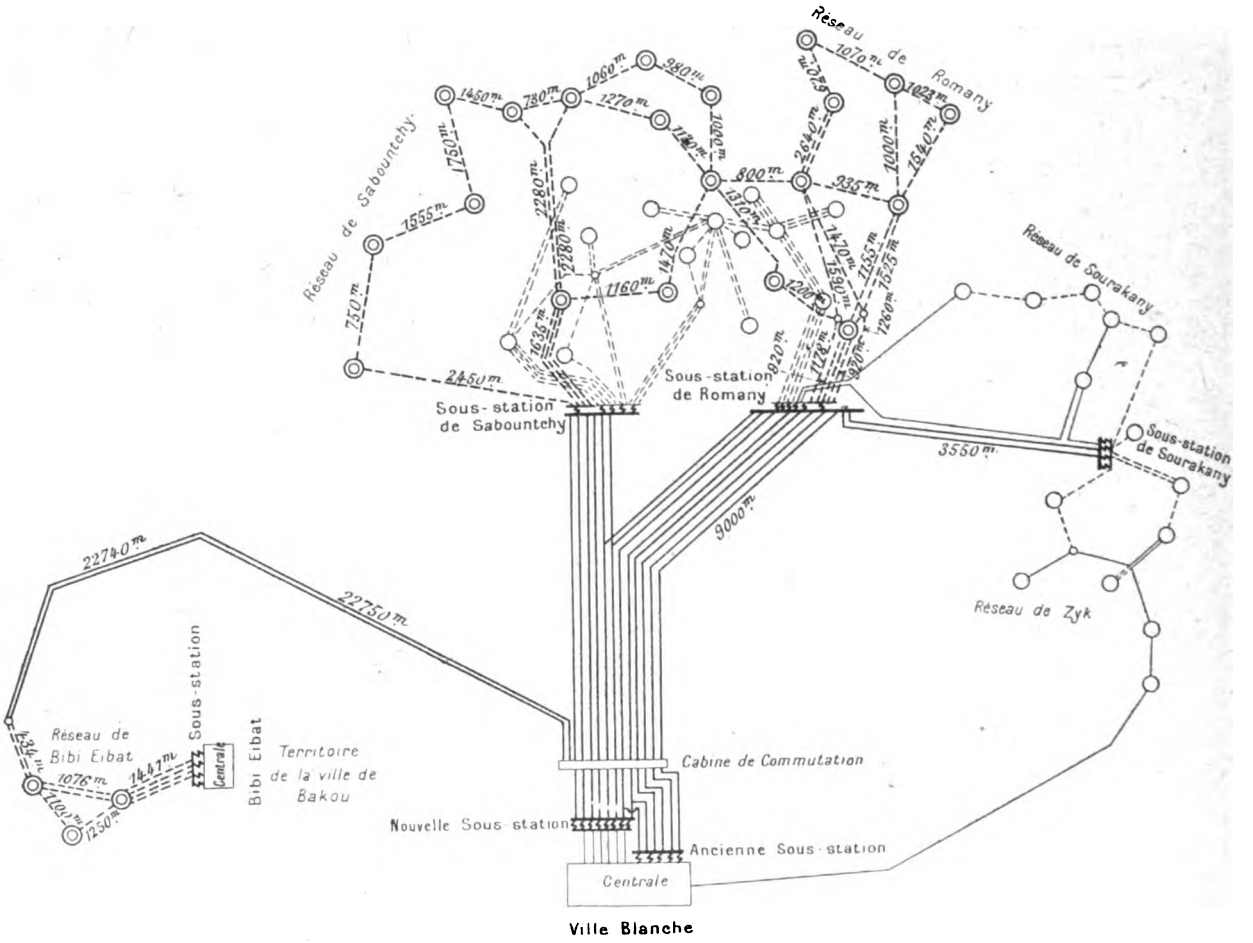


Fig. 9. — Schéma des installations de la Société « Force électrique ».

◎ Cabine de transformation $\frac{20\,000}{1\,000}$ ou $\frac{20\,000}{2\,00}$.

○ Cabine de transformation $\frac{6\,000}{1\,000}$.

o Cabine de commutation.

Sous-station de transformation.

Ligne aérienne à 20 000 v.

Câble à 20 000 v.

Ligne aérienne à 6 000 v.

Câble à 6 000 v.

constante pendant 8 760 heures par an ! Les variations diurnes et saisonnières ne dépassent pas 10 à 15 pour 100 et restent souvent bien en dessous de ces chiffres.

La mesure de l'énergie vendue se fait dans les cabines de distribution où sont installés les compteurs. En général et sauf accords spéciaux très rares, les installations sont à la charge de la Société jusqu'en ce point seulement. Au delà, les câbles de raccordement aux moteurs sont la propriété des abonnés, ainsi que les moteurs eux-mêmes et tous leurs accessoires. L'amélioration du facteur de puissance intéresse donc la Société jusqu'à la cabine de distribution seulement.

Digitized by Google

Les tarifs sont établis en fonction de la puissance réelle vendue, c'est-à-dire en kilowatts-heure sans tenir compte de la puissance apparente. Or, par suite du genre de service des moteurs et de leur marche à vide très fréquente, le facteur de puissance est extrêmement bas : mesuré à l'usine il ne dépasse pas 0,50 environ. Il en résulte des pertes considérables et une forte augmentation de la puissance des installations nécessaires. Si l'on tient compte en outre de la marche presque continue à pleine charge, on voit que l'effet nuisible du faible facteur de puissance est spécialement accentué et que son amélioration s'impose.

Ce que j'ai dit du nombre et de la nature des moteurs montre suffisamment qu'il ne faut pas songer un instant à appliquer les systèmes procédant par modification de ces appareils, qui du reste échappent complètement ici au contrôle de l'exploitant du réseau.

Les méthodes du second groupe, condensateurs synchrones et condensateurs statiques sont seules applicables ; c'est dans ce sens qu'a été dirigée l'étude entreprise.

II. — **Conséquence du relèvement du facteur de puissance.** — Le relèvement du facteur de puissance se traduit par une diminution proportionnelle du courant correspondant à une puissance donnée. Économiquement les résultats de cette diminution de l'intensité du courant sont doubles : elle réduit les pertes et elle permet une réduction de la puissance des installations. C'est en évaluant, d'une part, l'économie correspondante et, d'autre part, les frais occasionnés par l'application de l'un ou l'autre système que nous pourrons résoudre les deux problèmes que nous nous sommes posés, savoir :

1° Quel est le type de condensateur le plus favorable dans le cas présent ?

2° Jusqu'où est-il avantageux de pousser le relèvement du facteur de puissance ?

Ces deux problèmes ne sont pas indépendants l'un de l'autre, et il se peut que le facteur de puissance optimum avec l'un des types de condensateurs ne soit pas le même qu'avec l'autre. Il faudra donc faire l'étude pour chacun des deux types d'appareils, et comparer les résultats.

Au point de vue de l'économie provenant de la diminution de courant, il y a lieu de faire une distinction entre les diverses parties de l'installation. Les appareils, tels que transformateurs et génératrices ont une courbe de rendement qui présente un maximum correspondant à la puissance normale pour laquelle ils sont construits : lorsque le courant diminue, il faudra pour obtenir le maximum de rendement mettre hors circuit un certain nombre de ces appareils qui deviennent disponibles, les autres continuant à travailler à pleine charge. Les câbles et lignes de transmission, au contraire, ont un rendement d'autant meilleur qu'ils travaillent à plus faible charge, et lorsque le courant diminuera il faudra examiner s'il est préférable de laisser toutes les lignes en service, en augmentant leur rendement ou de conserver la même densité de courant, et, par conséquent, le même rendement en libérant un certain nombre de lignes ou de câbles qui pourront être utilisés en vue d'extensions.

III. — **Examen des données.** — Les problèmes que nous allons examiner mettent en œuvre un certain nombre d'éléments tels que : le taux d'intérêt et d'amortissement, le prix du kilowatt-heure, la valeur des installations, etc..., qui méritent de retenir un moment notre attention. Il arrive souvent, en effet, que l'on étudie une question de façon très complète sans attacher toute l'importance désirable à la critique des données qui servent de base et dont une variation peut modifier complètement les résultats. Lorsqu'il s'agit de résoudre une question qualitativement, c'est-à-dire de décider par exemple lequel de deux appareils est le plus avantageux, il arrive souvent que, par une étude rapide, on soit à peu près fixé sur le résultat avant de commencer l'étude définitive, celle-ci ne sert alors que de confirmation et on lui donne plus de poids en choisissant, dans tous les cas douteux, l'hypothèse défavorable au système que l'on croit le plus avantageux. Mais ici il s'agit, en outre, de déterminer quantitativement la valeur du facteur de puissance optimum et, dès lors, les erreurs dans un sens sont aussi peu justifiées que celles dans un autre.

Il ne sera cependant pas possible d'étudier chaque câble ou chaque transformateur en particulier, ce qui, du reste, n'augmenterait pas la précision ; il faudra procéder par moyennes, sans s'occuper des petits écarts qui pourraient exister entre ces moyennes et les valeurs particulières. L'expérience prouve que ces valeurs moyennes, surtout pour de grandes installations, sont très suffisamment exactes pour des calculs économiques. On peut ne pas fouiller ces détails qui n'ont qu'une importance secondaire, mais il est indispensable de bien poser les règles et données générales qui servent de base à l'étude.

Toutefois, j'ajoute, pour rassurer ceux qui savent combien il est difficile, sinon impossible, d'atteindre une certitude dans de semblables questions, que la recherche que nous entreprenons est, en somme, une recherche de maximum et que, suivant une loi bien connue, une fonction varie peu aux environs de son maximum ; les erreurs que nous commettrons fatalement seront de ce fait beaucoup atténuées. En résumé, il faut donc chercher à serrer la réalité d'aussi près que possible, sans s'exagérer l'influence des indéterminations inévitable.

Durée d'amortissement. — La durée d'amortissement varie avec la nature des appareils employés et pour certains d'entre eux avec leur durée de service annuelle, leur charge moyenne et la température ambiante dans laquelle ils travaillent.

Pour les lignes aériennes surtout à haute tension, on peut admettre une durée très longue : la partie la plus coûteuse, le cuivre et les isolateurs, peut en réalité être à peine amortie, car elle conserve toute sa valeur. J'estime que l'on peut, au minimum, admettre vingt ans.

Pour les câbles à 1 000 et à 6 000 v, l'expérience

Digitized by Google

prouve que, même dans les conditions dures où ils travaillent à Bakou, on peut admettre une durée d'amortissement de quinze ans. Pour les câbles à 20 000 v, quoique la preuve n'en soit pas encore faite, j'estime qu'il n'y a pas de raisons pour diminuer ce délai.

Pour les transformateurs statiques, travaillant à pleine charge toute l'année et supportant souvent en été des températures excessives par suite des fortes chaleurs régnant à cette époque à Bakou, il ne faut pas dépasser dix ans. Et encore cette durée n'est valable qu'à la condition que l'huile soit renouvelée ou filtrée en temps utile.

Pour les générateurs et machines rotatives, avec les conditions et la durée de travail existant à Bakou, on peut admettre dix ans au maximum si elles sont à haute tension jusqu'à 2 000 v par exemple, mais en ce qui concerne les génératrices à 3 000 v, quoi qu'en pensent certains auteurs, j'estime par expérience que leur durée est moindre et ne doit pas dépasser sept ans. Ce même délai d'amortissement me paraît applicable comme maximum aux turbines marchant 3 000 heures par an à pleine charge.

Taux d'intérêt et d'amortissement. — Le taux d'intérêt à adopter dépend de la provenance prévue des fonds destinés aux travaux projetés. S'ils sont obtenus par voie d'émission d'actions, il est rationnel de prendre le dividende moyen distribué pendant les quelques dernières années aux actions analogues à celles à émettre; si des circonstances particulières font prévoir que ce dividende se modifiera, il y a lieu d'en tenir compte. Si les fonds nécessaires sont obtenus par voie d'emprunt ou d'émission d'obligations, c'est le taux de cet emprunt ou de ces obligations qu'il faut adopter.

Quant au taux d'amortissement, si le capital d'amortissement est placé d'une façon quelconque, en banque ou en portefeuille, il doit être égal à l'intérêt moyen rapporté par ce capital; mais très souvent le capital d'amortissement est employé au fur et à mesure de sa constitution aux extensions de l'affaire, et alors il est rationnel d'admettre comme taux d'amortissement l'intérêt moyen que l'affaire sert à la totalité des capitaux engagés, actions, obligations et dettes.

Prix du kilowatt-heure. — Nous aurons à envisager le prix du kilowatt heure lorsque nous voudrons évaluer l'économie résultant d'une diminution des pertes. Dès lors, pour estimer cette valeur, il suffit de se rappeler que, comme les installations travaillent à leur maximum de puissance et nécessitent même, dès à présent, des extensions, chaque kilowatt immobilisé pour la production de l'énergie nécessaire à la compensation des pertes peut être considéré comme ayant été installé spécialement dans ce but; s'il devient libre, il peut immédiatement être transformé en un kilowatt utile. Le prix de l'énergie à la centrale doit donc comprendre non seulement les frais directs de production, tels que combustible, graissage, main-d'œuvre, réparations, etc..., mais encore les frais indirects d'intérêt et d'amortissement des installations. Le prix du kilowatt-heure en un point quelconque du réseau est égal au prix du kilowatt-heure à la centrale augmenté des frais de transport : pertes en lignes, frais d'entretien, d'intérêt et d'amortissement des appareils, main-d'œuvre, location, etc...

Valeur des installations existantes. — J'ai dit que l'effet de l'amélioration du facteur de puissance étant de diminuer l'intensité du courant, une partie des installations existantes deviendrait disponible. A combien estimer l'économie correspondante? La valeur des installations devenues libres dépendra de deux choses : la possibilité de les utiliser et l'état dans lequel elles se trouvent.

Il est évident que, si les matériaux ou appareils dont on dispose ainsi ne sont pas utilisables dans l'affaire elle-même, ils n'ont que leur valeur marchande de vieux matériaux. Si, au contraire, comme c'est le cas dans l'exemple qui nous occupe, des extensions sont prévues à très bref délai, et si les installations existantes peuvent être utilisées presque au fur et à mesure de leur mise en disponibilité, elles conservent toute leur valeur. En temps normal, j'estimerais cette valeur à leur prix d'inventaire, y compris les dépenses d'installation et de mise en service, mais réduit dans le rapport des années de service au temps d'amortissement admis pour le matériel envisagé. Actuellement, vu le bouleversement économique résultant de la guerre, bouleversement particulièrement profond en Russie, j'estime que ce prix serait beaucoup trop bas : la mise en disponibilité de ces installations permettra d'éviter de nouvelles extensions que l'on devrait faire maintenant, avec cette seule différence qu'ayant déjà un certain temps de service, elles devront être amorties plus rapidement.

Il semblerait donc équitable de leur attribuer le prix de celles-ci, réduit proportionnellement au temps de service. Mais, en agissant de la sorte, on commettrait, me semble-t-il, une erreur en sens inverse de la précédente, car nous traversons en ce moment, du fait de la guerre et surtout de la révolution russe, une crise aiguë : des extensions faites actuellement, en supposant que ce soit possible, coûteraient au minimum quatre à cinq fois ce qu'elles eussent coûté avant la guerre. Il est certain que, quelle que soit l'urgence, on attendrait pour entreprendre de nouveaux travaux importants, une époque plus propice, et ce sont les prix qui existeront alors en Russie, mettons, par exemple, six mois ou un an après la conclusion de la paix, qui devraient servir de base à nos calculs. Il est impossible de prévoir ce que seront ces prix; on peut affirmer qu'ils seront de beaucoup supérieurs aux prix anciens; on peut aussi espérer qu'ils seront plus modérés que les prix actuels, quoique ceci soit moins certain. Prenant en considération la situation économique et politique actuelle de la Russie, j'estime qu'il faut fixer les prix moyens dans la période qui suivra immédiatement la fin de la guerre, à deux ou trois fois les prix anciens. Je propose 2,5 fois et c'est sur cette valeur que je baserai le prix des installa-

Digitized by Google

tions existantes en tenant compte de leur temps de service. Dans la suite de ce travail, j'appellerai valeur actuelle d'un appareil, la valeur qu'il aurait eue à l'état neuf avant la guerre, multiplié par 2,5 et réduite dans le rapport de son temps de service à son temps d'amortissement. Dans certains cas cependant, cette règle devra être corrigée pour tenir compte de ce qu'un appareil a été acheté dans des conditions spéciales, ou pourrait être actuellement remplacé par un autre notablement plus économique, ou de toute autre circonstance.

Il peut aussi arriver, comme dans le cas des turbogénératrices, qu'un appareil soit disponible en partie seulement, sans qu'il soit possible d'utiliser cette partie: il est évident qu'aucune économie ne résulte de ce fait.

Charge optimum des lignes aériennes. — On sait que l'on obtient facilement cette charge optimum en égalant le prix de l'énergie perdue annuellement par effet Joule au montant des frais dépendant du prix de la ligne; c'est la célèbre loi de Kelvin qui, en général, n'est que rarement applicable en pratique pour différentes raisons, d'abord avec des charges variables mal déterminées, les pertes par effet Joule sont très difficilement calculables; ensuite, quand on considère une seule ligne, le prix de cette ligne n'est pas proportionnel à sa section; il arrive un moment où, pour augmenter la section, on doit poser une seconde ligne, et le prix par millimètre carré varie alors brusquement. Dans notre cas ces difficultés n'existent pas : les lignes travaillent toujours à la même charge et le grand nombre des lignes en parallèle fait que l'on peut considérer le prix par millimètre carré comme très sensiblement constant.

Considérons un kilomètre de ligne double triphasée à 20 000 v de 3×1 cm² de section, et soit :

X le courant en ampères;

p_1 le prix de l'énergie par kilowatt-heure en roubles;

P le prix de la ligne simple en roubles (demi-ligne double);

P' la somme annuelle en roubles, nécessaire pour amortir ce prix P en vingt ans, le taux d'amortissement étant a;

b le taux d'intérêt du capital engagé;

t le temps d'utilisation annuelle en heures.

Nous pourrons écrire que

$$3 X^2 \times 0{,}18 \times \frac{p_1}{1\,000} \times t = P' + Pb,$$

d'où

$$X = \sqrt{\frac{(P' + Pb)\,1\,000}{0{,}64\, p_1 t}}.$$

En introduisant les valeurs correspondant aux lettres, on trouve que la valeur de X est égale à 87 environ, c'est-à-dire que la densité de courant la plus économique serait de 0,87 A : mm².

Comme actuellement les lignes aériennes travaillent avec des densités deux à trois fois plus fortes, il y a intérêt à utiliser les lignes devenant disponibles pour abaisser cette densité.

Charge optimum des cables souterrains. — La formule trouvée pour les lignes aériennes est applicable pour les câbles souterrains; P représentant le prix de ceux-ci par centimètre carré et par kilomètre de longueur, pose comprise, et p_1 étant remplacé par p_2 ou p_3 prix de l'énergie dans le réseau de câbles primaires ou secondaires.

En tenant compte des valeurs numériques convenables, on trouve que la densité optimum est

Pour les câbles à	20 000 v	1,9	ampère par mm².
Id.	6 000 v	1,6	Id.
Id.	1 000 v	1,2	Id.

IV. — Choix des centres de production du courant réactif. — Nous n'envisagerons même pas l'hypothèse de la production du courant réactif à la centrale même : cette solution, toute défectueuse qu'elle soit, procurerait probablement encore une économie, mais il est évident a priori qu'il y en a d'autres notablement plus avantageuses.

En se reportant au schéma du réseau, on voit que la production du courant réactif peut être envisagée de trois façons : 1° aux sous-stations S, R, et Sourakany; 2° dans les cabines de transformation; 3° dans les cabines de distribution.

Production du courant réactif dans les sous-stations. — Cette concentration de la production du courant réactif en trois points seulement présenterait l'avantage de réduire beaucoup les frais d'exploitation en réduisant à fort peu de chose le personnel nécessaire, et, en outre, de permettre l'utilisation de condensateurs de très grande puissance, plusieurs dizaines de milliers de kilovolts-ampères en chaque point.

Mais deux inconvénients très sérieux doivent être pris en considération, d'abord tous les réseaux de câbles, tant primaires que secondaires, ne profitent pas du relèvement du facteur de puissance; ensuite, pour les réseaux à 20 000 v, il serait impossible d'installer des moteurs synchrones ou des condensateurs statiques à la tension du réseau, il faudrait donc prévoir des transformateurs abaisseurs de tension de très grande puissance spécialement destinés au service des condensateurs. Non seulement les transformateurs du réseau ne seraient pas déchargés et partiellement libérés, mais encore il faudrait installer de nouveaux transformateurs, d'où augmentation des pertes et des frais d'établissement des condensateurs.

Production du courant réactif dans les cabines de transmission. — L'installation des condensateurs dans les cabines de transformation remédie complètement au second inconvénient signalé ci-dessus puisqu'on peut les brancher sur le côté à basse tension des transformateurs, et en grande partie au premier inconvénient, le réseau de câbles à 1 000 v seul ne bénéficiant pas de l'amélioration du facteur de puissance. En outre, la puissance de la plupart des cabines, surtout celles à

Digitized by Google

20 000 v permet l'installation d'unités assez fortes et par conséquent économiques.

Sans même recourir à une analyse complète, on peut affirmer à première vue que c'est là la disposition qui s'imposera si on adopte les condensateurs synchrones. Et même il sera avantageux de ne pas installer de condensateur dans chaque cabine, mais de limiter cette installation aux plus puissantes d'entre elles afin de réduire les frais de surveillance et de conduite des moteurs synchrones. Il est désirable de chercher un seul type de moteur d'une puissance appropriée, d'évaluer le nombre de ces moteurs nécessaires pour obtenir dans l'ensemble du réseau le cos φ optimum que nous déterminerons, et de répartir les $m + n$ moteurs nécessaires entre les m cabines les plus puissantes du réseau à 6 000 v et les n cabines les plus puissantes du réseau à 20 000 v. En procédant ainsi on n'obtiendra pas un cos φ absolument uniforme dans tout le réseau; certains câbles porteront un excès de courant réactif tandis que d'autres porteront un excès de courant actif, mais en choisissant judicieusement les cabines à munir de ces condensateurs, on pourra réduire ces inégalités suffisamment pour que les pertes qui en résultent soient négligeables en présence de l'avantage provenant d'une diminution du nombre des points de production du courant réactif.

Production du courant déwatté dans les cabines de distribution. — L'installation des condensateurs dans les cabines de distribution conduit à un fractionnement de la puissance installée absolument incompatible avec l'emploi des condensateurs synchrones qui demandent une surveillance fréquente et dont le prix unitaire augmente rapidement lorsque la puissance diminue. Par contre, elle est tout indiquée avec les condensateurs statiques qui ne présentent pas ces caractères; elle permet d'étendre à tout le réseau secondaire l'amélioration du facteur de puissance et de régler celui-ci de façon absolument uniforme partout.

V. — **Evaluation de l'économie réalisée**. — Les deux méthodes que nous avons à comparer influent de façon identique sur chacune des parties de l'installation. En évaluant l'économie réalisée dans chacune de ces parties grâce à l'amélioration du facteur de puissance, on pourra donc faire complètement abstraction de la méthode employée.

Je vais examiner successivement : les turbo-génératrices, les sous-stations $\frac{20\,000}{6\,000}$ v, les réseaux de câbles (1 000, 6 000 et 20 000 v) et les cabines de transformateurs; pour chacun de ces éléments de l'installation, je déterminerai en fonction du cos φ et à partir de sa valeur actuelle 0,50, l'économie annuelle d'exploitation résultant de la diminution des pertes, et ensuite l'économie sur les immobilisations futures résultant de la mise en disponibilité d'une partie de la puissance installée.

L'étude se fait à peu près de la même façon pour un certain nombre des éléments de l'installation. Aussi passerai-je rapidement sur ceux-ci, me bornant à indiquer les chiffres et à reproduire les graphiques traduisant les résultats; ces diagrammes sont intéressants à connaître parce que leur comparaison montre bien l'influence de l'amélioration du facteur de puissance sur chaque partie de l'ensemble.

A. Turbo-génératrices. — *Réduction des frais d'exploitation.* — L'économie réalisée sur la production du courant à la centrale provient de deux causes : l'amélioration du rendement de la génératrice électrique et la diminution de consommation de la turbine qui travaille dans des conditions plus favorables. En effet, les alternateurs étant prévus pour un cos φ égal à 0,65 alors que le cos φ de la charge n'est que 0,50, il n'est possible de charger les turbines qu'au $\frac{50}{65} = 0{,}77$ de leur puissance. Connaissant la consommation de vapeur pour différentes charges et représentant par 100 cette consommation à pleine charge, nous pouvons tracer (fig. 10) la

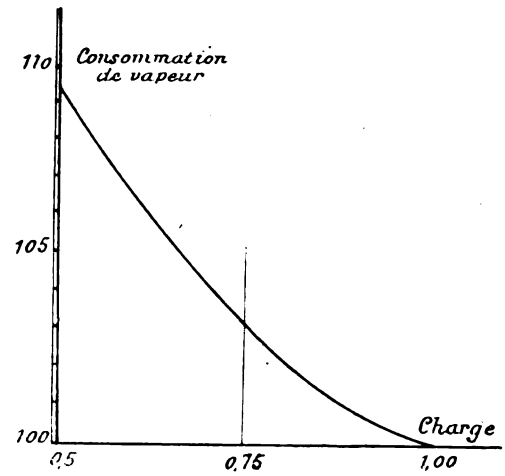


Fig. 10. — Diminution de la consommation des turbines en fonction de la charge.

courbe de la variation de la consommation en fonction de la charge. A l'aide de cette courbe nous pouvons facilement calculer quel est le gain de puissance correspondant à cette diminution de consommation, pour une puissance totale de 36 000 kw, lorsque les turbines passent de 77 pour 100 à 100 pour 100 de leur charge normale. Ce gain représente pour les turbines le résultat de l'amélioration du cos φ depuis 0,50 jusque 0,65. Au delà, l'amélioration du cos φ n'a plus d'influence sur le fonctionnement de la partie motrice du turbo agrégat.

Ces résultats sont traduits par la courbe O A B de la figure 11.

Voyons maintenant ce qui va se passer dans les alternateurs; pendant que le cos φ augmente de 0,50 à 0,65, ils fonctionnent à pleine charge; quand cos φ continue à croître au delà de 0,65, la charge du groupe est limitée par la puissance de la turbine, et l'alternateur commence à travailler à charge réduite; quand cos $\varphi = 1$ la charge

Digitized by Google

de l'alternateur n'est plus que 0,65 de sa puissance normale. Au point de vue des pertes, il y a donc deux influences à considérer : d'une part, la modification du $\cos\varphi$ qui réduit les pertes dues à l'excitation, et, d'autre part, entre $\cos\varphi = 0{,}65$ et $\cos\varphi = 1$ la diminution de la charge de la machine qui diminue les pertes totales

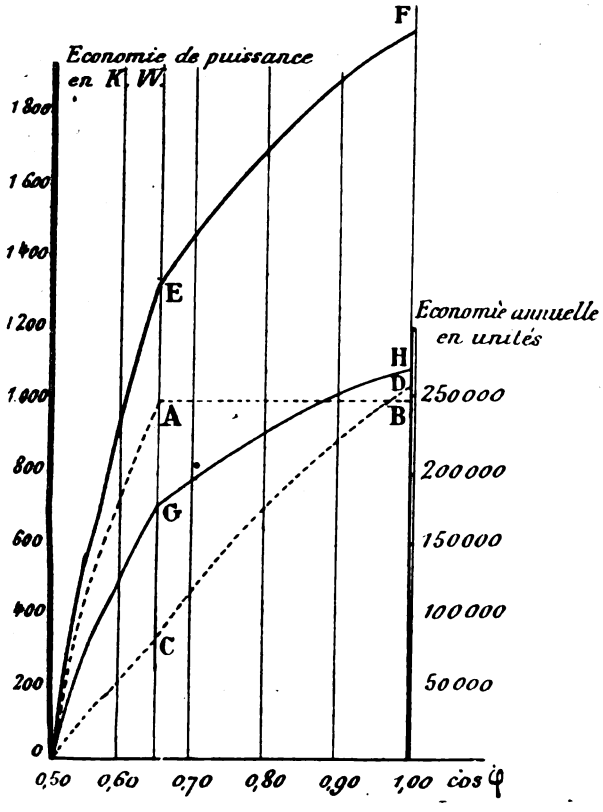


Fig. 11. — Réduction des frais d'exploitation des turbo-alternateurs.

dans l'induit. On peut admettre que, dans un alternateur fonctionnant à pleine charge, sous $\cos\varphi = 0{,}50$, les pertes par excitation sont supérieures aux pertes normales sous $\cos\varphi = 1$ d'environ 2 pour 100 de la puissance de la machine. Lorsque la même machine fonctionne dans les mêmes conditions sous 65 pour 100 de sa pleine charge, cette économie est réduite de moitié environ. Si donc l'alternateur envisagé fonctionnait toujours à pleine charge et que nous fassions passer son $\cos\varphi$ de 0,50 à 1, la diminution des pertes serait représentée par la ligne O B C de la figure 12. Mais comme, à partir du point B, la charge diminue, l'économie est réduite ; elle est représentée par la ligne B D. Quant aux pertes par effet Joule dans l'induit, on peut admettre qu'à pleine charge elles représentent environ 1,5 pour 100 de la puissance de la machine. Lorsque celle-ci fonctionne sous une charge n, le courant est égal à n fois le courant normal et les pertes sont égales à n^2 fois le courant normal ; le gain est donc en pour 100 de la puissance $1{,}5\ (1 - n^2)$. Cette remarque nous permet de tracer la courbe A E à partir du point où l'alternateur cesse de travailler à pleine charge.

Les deux courbes O B D et A E se superposent pour fournir la courbe O B F représentative de l'économie totale en fonction de $\cos\varphi$.

En appliquant celle-ci à la puissance apparente totale des génératrices en service, soit $\frac{36000}{0{,}65} = 55500$ kv-A, on peut tracer sur la figure 11 la courbe O C D de l'éco-

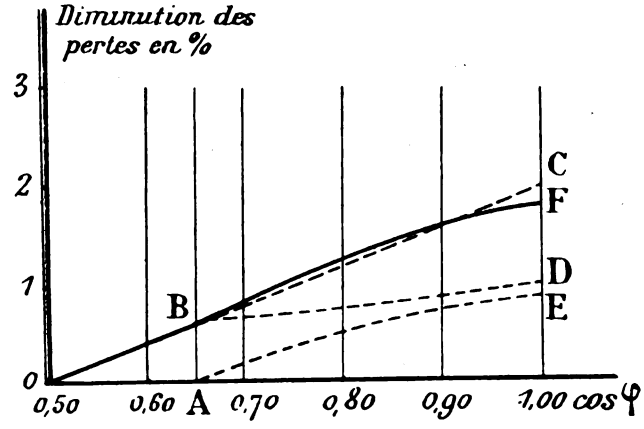


Fig. 12. — Diminution des pertes dans les alternateurs en fonction du $\cos\varphi$.

nomie de puissance en kilowatts due à l'influence du facteur de puissance sur les alternateurs.

La courbe O E F, figure 11, somme des courbes O A B et O C D représente le gain total de puissance en kilowatts résultant de l augmentation du facteur de puissance depuis 0,50 jusqu'à l'unité. En réalité, il n'y a pas ici à proprement parler de gain de puissance, mais simplement une diminution de la consommation de vapeur. Le diagramme O E F a pour but de représenter le nombre de kilowatts qui, multiplié par le nombre d'heures de marche annuelle et par le prix p_1 du kilowatt-heure à l'usine, exprime en kopeks l'économie annuelle due à l'influence du facteur de puissance sur les turbo-générateurs. Et même, pour être exact, il faudrait compter ces kilowatts-heures à un prix légèrement inférieur à p_1 puisque l'énergie est économisée sous forme de vapeur et d'énergie mécanique, et que, par conséquent, les frais généraux et frais d'intérêt et d'amortissement ne doivent lui être que partiellement imputés. Mais cette différence est faible, et on peut la négliger.

Pour des raisons commerciales, il n'est pas possible de publier certaines données numériques, telles que le prix de revient du kilowatt-heure à la centrale, qui, du reste, n'intéresserait pas le lecteur. Cependant, pour arriver à une conclusion, il est nécessaire d'évaluer le prix de chaque économie réalisée et de pouvoir additionner celles-ci. C'est pourquoi j'ai indiqué sur la figure 11 la courbe O G H de l'économie réalisée annuellement, non pas en roubles, mais en une unité monétaire conventionnelle dont je me servirai jusqu'à la fin de ce

Digitized by Google

travail; de cette façon toutes les courbes qui devraient représenter des roubles resteront comparables entre elles.

Réduction des immobilisations. — Le relèvement du facteur de puissance jusqu'à 0,65 ou au-dessus permettrait d'utiliser à leur pleine charge des machines qui, actuellement, ne peuvent être utilisées que sous 77 pour 100 de leur puissance maximum. Si W représente la puissance nominale totale des machines, soit 55000 kw, la puissance actuellement utilisable est $W\frac{0,50}{0,65}$; pour une valeur de $\cos\varphi$ comprise entre 0,50 et 0,65, la puissance utilisable serait $W\frac{\cos\varphi}{0,65}$. Le gain de puissance est donc $\frac{W}{0,65}(\cos\varphi - 0,50)$.

L'amélioration du facteur de puissance au delà de 0,65 n'a plus aucune influence sur la partie mécanique des agrégats. Elle décharge les alternateurs qui travaillent dans de meilleures conditions, mais comme ceux-ci sont liés aux turbines, leur excès de puissance est inutilisable.

Le gain de puissance, calculé comme ci dessus et exprimé en kilowatts heures, est représenté par le diagramme O A B de la figure 13. En multipliant par la

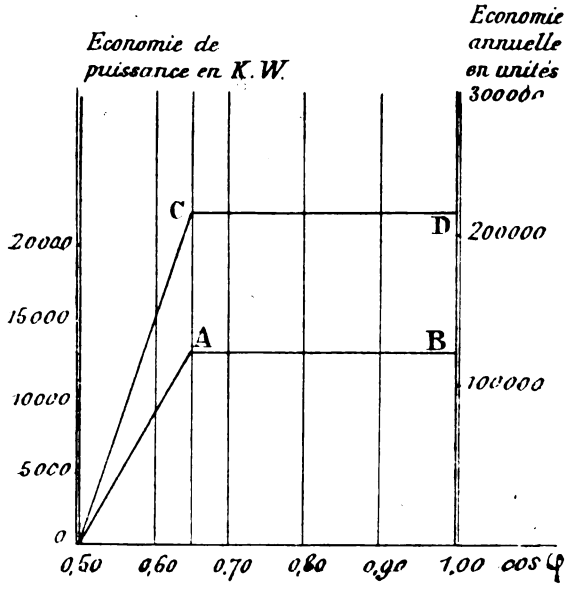


Fig. 13. — Réduction des frais d'immobilisation des turbo-alternateurs

valeur actuelle du kilowatt de turbo-agrégat installé, on obtient la courbe O C D de la même figure qui représente en unités conventionnelles la réduction des immobilisations en fonction du $\cos\varphi$.

B. Sous-stations élévatrices de tension. — Pour transformer une puissance de 36000 kw sous $\cos\varphi = 0,50$, il faut des transformateurs d'une puissance totale de 72000 kv-a. Les deux sous stations existantes ont ensemble une puissance de 72000 kv-a n'offrant donc aucune réserve. Si on n'améliore pas le facteur de puissance, il faudra ajouter deux transformateurs de 10000 kv-a de façon à porter la réserve à 25 pour 100.

Réduction des frais d'exploitation. — Lorsque le facteur de puissance est de 0,50, la puissance apparente étant 72000 kv-a et le rendement des transformateurs de 98,5 pour 100 la perte est de 1080 kw. Pour un $\cos\varphi$ quelconque la perte serait de

$$\omega = 1080\,\frac{0,50}{\cos\varphi},$$

et la puissance économisée par comparaison avec la marche sous $\cos\varphi = 0,50$ sera en kilowatts.

$$\omega = 1080\left(\frac{1 - 0,50}{\cos\varphi}\right).$$

Nous pouvons tracer la courbe OA (fig. 14), repré-

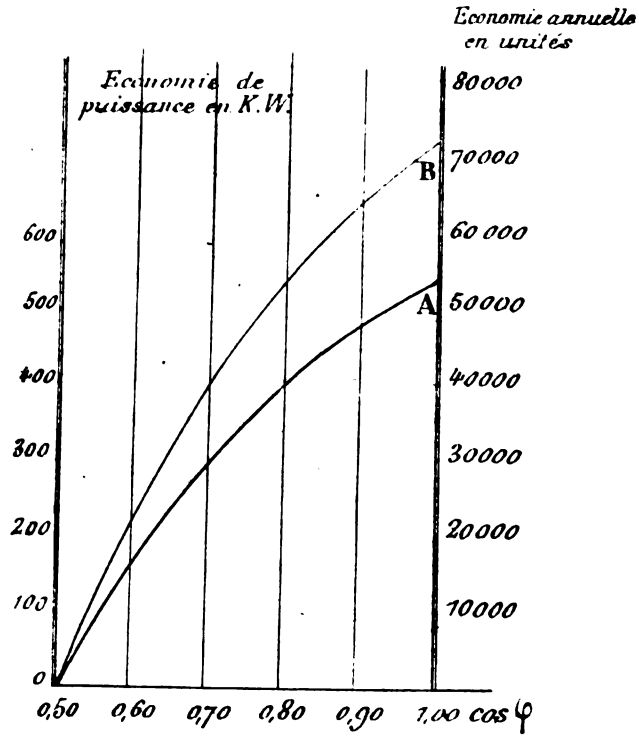


Fig. 14 — Réduction des frais d'exploitation des sous-stations élévatrices de tension.

sentant, en fonction du facteur de puissance, la diminution du nombre de kilowatts perdus. En multipliant le nombre de kilowatts économisés par 8760 p_1, on obtient l'économie annuelle représentée par la courbe OB.

Réduction des immobilisations. — Étant donnés le travail très dur auquel sont soumis les transformateurs, et la forte puissance des unités, il faut prévoir une réserve de 25 pour 100 environ de la valeur normale de

Digitized by Google

la charge. La puissance installée W nécessaire pour un facteur de puissance 0,50 serait donc

$$W = 1{,}25 \frac{36\,000}{0{,}50} = 90\,000 \text{ kv-a}.$$

c'est-à-dire que la puissance devenant disponible par suite du passage du facteur de puissance de la valeur de 0,50 à une valeur quelconque cos φ sera

$$W = 90\,000 \left(1 - \frac{0{,}50}{\cos\varphi}\right).$$

La courbe OA de la figure 15 représente la variation de

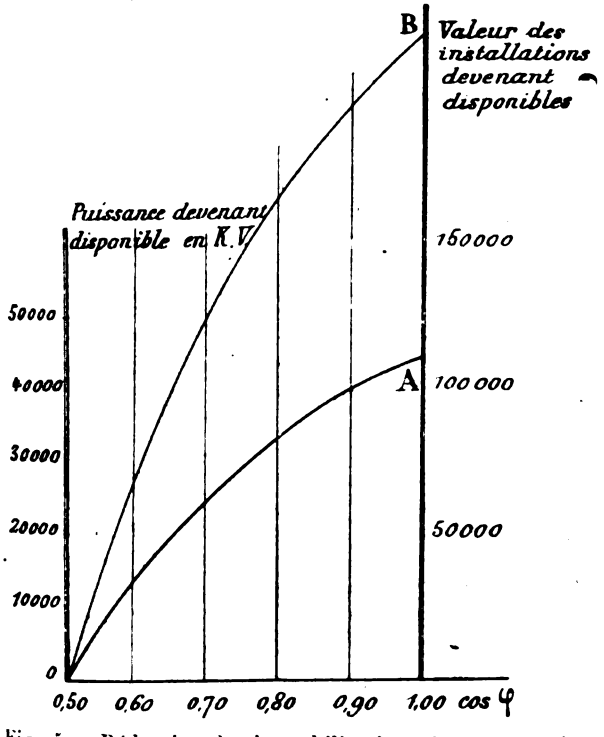


Fig. 15. — Réduction des immobilisations des sous-stations élévatrices de tension.

la puissance rendue disponible par l'augmentation du cos φ.

Pour connaître la valeur de l'économie ainsi réalisée sur les immobilisations, il faut multiplier les puissances trouvées par le prix d'un kilowatt installé, transformateur, bâtiment et appareillage compris. Comme transformateurs, il y a au total 6 pièces de 10 000 kv-a absolument neuves et 4 pièces de 3 000 kv-a ayant environ trois ans de service. Conformément à ce que j'ai dit plus haut au sujet de la valeur des installations existantes, j'admets que si P représente le prix d'achat, franco centrale, des 4 transformateurs de 3 000 kv-a, leur valeur à l'état neuf serait actuellement $2,5\ P$ et, en tenant compte de l'amortissement, $2,5\ P \frac{7}{10} = 1,75\ P_1$.

Si P_2 représente le prix des 6 transformateurs de 10 000 kv-a à peine mis en service, le prix moyen par kilowatt-ampère sera

$$\frac{1{,}75\ P_1 + 2{,}5\ P_2}{4 \times 3\,000 + 6 \times 10\,000} = P'.$$

Quant aux bâtiments, appareils et accessoires nous pouvons déterminer leur valeur P'' par kilowatt de façon analogue. La valeur moyenne totale par kilowatt des sous-stations sera alors $P = P' + P$.

La réduction des immobilisations est représentée par la courbe OB de la figure 15.

C. Lignes aériennes. — *Réduction des frais d'exploitation.* — Sous un facteur de puissance de 0,50 et une tension de 20 000 v, une puissance de 36 000 kw correspond à un courant de 2 080 a. La moitié de ce courant environ est transmise par 6 lignes d'une section totale de 3×470 mm² et d'une longueur de 7 750 m et la moitié par 6 lignes d'une section de 3×450 mm² et d'une longueur de 9 000 m. La perte totale de puissance est de 2 100 kw.

La densité moyenne dans ces lignes est donc de 2,25 a : mm² notablement supérieure à celle que nous avons reconnue être la plus avantageuse. Même en admettant que le facteur de puissance soit relevé jusqu'à l'unité sans que la section totale des lignes soit diminuée, la densité serait encore de 1,12 a : mm², c'est-à-dire de 30 pour 100 plus élevée que la densité optimum. Il y a donc intérêt au point de vue économique à laisser toutes les lignes en service quelle que soit la valeur que nous adopterons pour cos φ. Au point de vue de la sécurité d'exploitation, des lignes peu chargées constituent également un sérieux avantage, car elles présentent une plus forte réserve ; puisque l'on peut obtenir cet avantage, non seulement sans frais mais même en réalisant une économie, il serait irrationnel de ne pas en profiter.

La perte par effet Joule est proportionnelle au carré du courant, lequel est lui-même inversement proportionnel au facteur de puissance ; pour un facteur de puissance cos φ quelconque la perte sera

$$W = 2\,100 \frac{0{,}50^2}{\cos^2\varphi},$$

et la réduction des pertes résultant de la variation du facteur de puissance sera

$$W_1 = 2\,100 \left(1 - \frac{0{,}50^2}{\cos^2\varphi}\right),$$

formule qui nous permet de tracer la courbe OA (fig. 16) de la puissance économisée en fonction du cos φ. En multipliant, comme plus haut, par 8 760 p_1 nous obtenons la courbe OB de l'économie annuelle.

Réduction des immobilisations. — J'ai supposé, dans le calcul des frais d'exploitation, que toutes les lignes res-

Digitized by Google

taient en service, de façon à me rapprocher de la solution la plus économique indiquée par la loi de Kelvin. Et dès lors aucune ligne n'étant disponible, il n'y a pas de réduction des frais d'immobilisation.

Mais il arrive souvent que, pour des raisons financières, il soit désirable de réduire les immobilisations. Rien n'empêcherait dans ce cas de travailler avec la même densité de courant, ce qui réduirait encore les pertes proportionnellement à $\frac{I}{\cos\varphi}$, tout en permettant de diminuer dans la même proportion la section des lignes

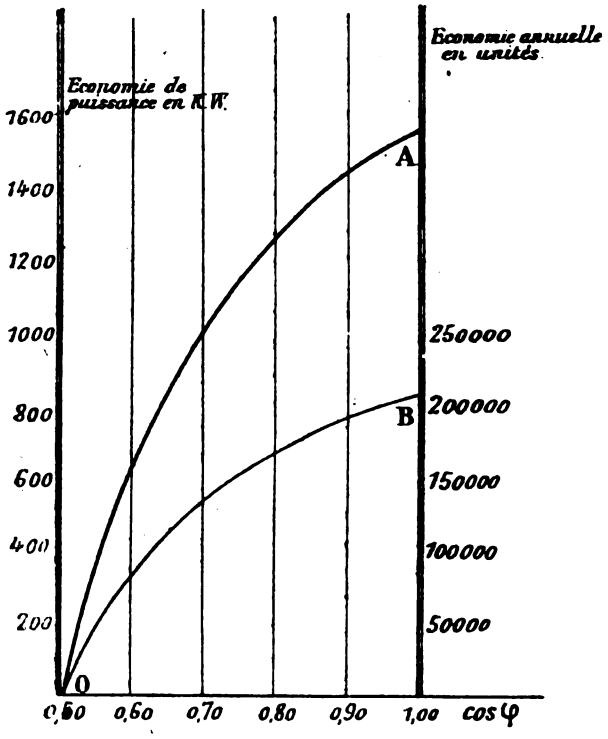


Fig. 16. — Réduction des frais d'exploitation des lignes aériennes.

en service. Ce serait là une solution un peu moins économique dans l'ensemble, mais qui permettrait dans l'avenir et pendant longtemps encore d'éviter la création de nouvelles lignes aériennes.

D. Sous-stations R., S. et Sourakany. Les sous-stations R et S sont en réalité composées de deux parties, une sous-station de transformation $\frac{20000}{6000}$ v pour l'alimentation du réseau à 6000 v et une cabine de passage des lignes aériennes à 20000 v en câbles à la même tension. La sous-station de Sourakany ne comporte que la première de ces deux parties.

Réduction des frais d'exploitation. — La réduction des frais d'exploitation résulte de la diminution des pertes dans les transformateurs des trois sous-stations. La puissance transformée est, à Saboutchy, de 4800 kw, à Romany de 4200 kw, et à Sourakany de 4600 kw, soit au total 13600 kw. Sans modification du facteur de puissance, c'est-à dire sous $\cos\varphi = 0{,}50$, cette puissance représenterait environ 27000 kv-a. [Comme les transformateurs installés dans ces sous-stations ont un rendement de 98 pour 100 à pleine charge, la perte de puissance serait de 544 kw. Pour une valeur quelconque de $\cos\varphi$ la diminution de perte sera de

$$544\left(1-\frac{0{,}50}{\cos\varphi}\right).$$

J'ai représenté par OA, figure 17, la puissance gagnée en fonction du $\cos\varphi$ et par OB l'économie annuelle

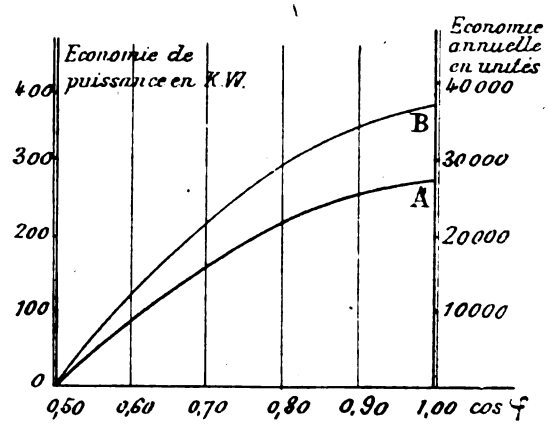


Fig. 17. — Réduction des frais d'exploitation des sous-stations R, S et Sourakany.

résultante. Cette dernière courbe est obtenue en multipliant les puissances économisées par 8760 p_1, p_2 représentant le prix de l'énergie aux sous-stations, qui est égal au prix à la centrale, augmenté de tous les frais de transport. Remarquons en passant que ces frais de transport varient beaucoup avec $\cos\varphi$. La valeur de p_2 dépend elle-même dans une certaine mesure du cos., mais il n'y a pas lieu, dans un problème de la nature de celui que nous traitons, de tenir compte de telles considérations qui compliqueraient la question sans beaucoup ajouter à la précision; les inévitables erreurs d'appréciation commises sur les données sont bien autrement graves que l'influence du $\cos\varphi$ sur le prix coûtant de l'énergie perdue.

Réduction des immobilisations. — Par suite de l'amélioration du facteur de puissance, une partie des transformateurs devient libre et peut être utilisée en vue d'extensions futures. De même les installations et appareils desservant, tant les sous-stations proprement dites que les cabines de passages y accolées, peuvent partiellement être utilisées pour alimenter de nouvelles charges.

En estimant à 20 pour 100 la réserve de transformateurs nécessaire, la puissance installée devrait être, pour $\cos\varphi = 0{,}50$, de 32500 kv-a. L'économie de puissance pour un $\cos\varphi$ quelconque serait de

$$32500\left(-\frac{0{,}50}{\cos\varphi}\right).$$

Digitized by Google

Pour évaluer l'économie réalisée sur l'appareillage et les installations des sous-stations, on pourrait songer à examiner séparément la partie concernant les sous-stations proprement dites, et celle concernant les cabines de passage, mais on compliquerait le travail sans arriver à une précision beaucoup plus grande. Si l'on entrait dans cette voie, il faudrait tenir compte de ce que la puissance de certains appareils n'est pas complètement utilisée avec les transformateurs actuels : on pourrait peut-être, par exemple, augmenter la puissance des transformateurs sans changer les interrupteurs à huile ou les connexions. On se perdrait dans des détails et il serait impossible d'arriver à un résultat. La question que nous traitons n'est pas une question de mathématique pure, mais plutôt une question commerciale, économique à laquelle nous appliquons des méthodes mathématiques ; il faut tempérer un peu la rigueur de celles-ci et nous contenter de valeurs moyennes qui sont parfaitement suffisantes pour le but poursuivi.

Pour déterminer la diminution d'immobilisations provenant de l'appareillage et des bâtiments des sous-stations, nous procéderons comme nous l'avons fait jusqu'ici. La puissance totale des trois sous-stations, évaluée d'après le nombre de kilovolts-ampères qui les traverseraient si le facteur de puissance était maintenu à 0,50 est de 80 000 kv-A. L'économie de puissance que l'on réalisera pour un cos φ donné sera donc

$$80\,000\left(1-\frac{0{,}50}{\cos\varphi}\right).$$

Nous pouvons tracer figure 18 les courbes OA et OB de la puissance économisée sous forme de transformateurs et sous forme de bâtiments et installations. Nous pourrons encore déterminer, en nous basant sur la règle établie à ce sujet, le prix par kilovolt-ampère de transformateur et le prix par kilovolt-ampère de sous-station équipée. Nous tracerons alors les courbes OC et OD représentant respectivement l'économie annuelle pour chacune de ces parties. L'économie totale sera donnée par la courbe OE somme de OC et OD.

E. Réseaux de cables. — Le réseau à 20 000 v se compose de 47 km de câbles de 3×70 mm² et de 11,5 km de câbles de 3×95 mm², soit au total 58,5 km.

Le réseau à 6 000 v se compose de 36,5 km de câbles de 3×50 mm² et de 14 km de câbles de 3×95 mm², soit au total 50,5 km.

Le réseau à 1 000 v se compose de 12,5 km de câbles de 3×120 mm², de 31,5 km de câbles de 3×95 mm², de 5 km de câbles de 3×70 mm², de 25 km de câbles de 3×50 mm² et de 6 km de câbles de 3×25 mm², soit au total 81 km.

Pour les câbles comme pour les lignes aériennes la diminution de courant due à l'amélioration du facteur de puissance permet, à volonté, soit de réduire la densité et par conséquent les pertes, soit de consacrer un certain nombre de câbles (ou un certain pourcentage de la section des câbles existant) au raccordement de nouvelles charges.

Afin de voir quelle solution serait la plus avantageuse, j'ai dressé un tableau groupant pour chaque réseau les longueurs de câbles d'après la densité du courant qu'ils portent en service normal, et indiquant la perte de puissance en kilowatts subie dans les câbles de chaque

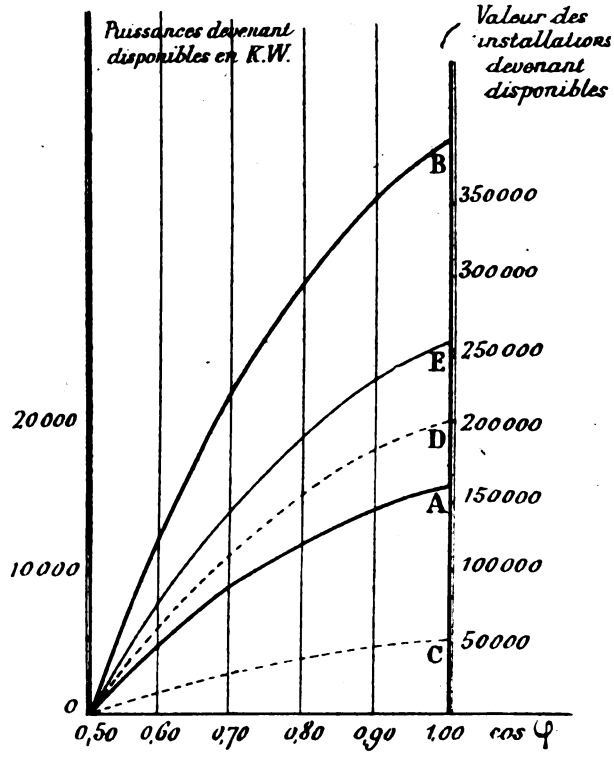


Fig. 18. — Réduction des immobilisations des sous-stations R. S et Sourakany.

groupe. Comme il y a, dans chaque réseau, des câbles de sections différentes, j'ai réduit les longueurs de façon à tout ramener à des câbles de 95 mm² ce qui facilite les comparaisons. Les pertes sont calculées pour la densité moyenne du groupe. Je reproduis ci-dessous les tableaux en question.

Nous avons vu que pour les câbles à 20 000 v la densité optimum est de 1,92 A : mm²; pour ceux à 6 000 v, elle est de 1,57 A : mm² et pour ceux à 1 000 v, de 1,20 A : mm².

La plupart des câbles des divers réseaux travaillent en dessous de leur densité optimum, aussi n'y a-t-il pas lieu de chercher à augmenter le rendement du réseau. La nécessité de travailler avec des densités aussi faibles provient, abstraction faite de toute condition d'économie, de ce que l'on doit toujours prévoir le cas où un câble viendrait à être percé ; il faut que ses voisins soient en état de prendre sa charge. C'est ce qui explique que dans le réseau à 1 000 v établi suivant le système rayonnant, sans bouclages ni combinaisons possibles, la réserve doit être très forte et par conséquent la densité

Digitized by Google

Tableau I.

DENSITÉ EN AMPÈRES mm²	PERTE PAR KW PAR KM	80 VOLTS		6 000 VOLTS		1 000 VOLTS	
		longueur réduite en câbles de 95 mm²	perte en kw	longueur réduite en câbles de 95 mm²	perte en kw	longueur réduite en câbles de 95 mm²	perte en kw
0,2 — 0,4	0,45	2 070	0,90			2 670	1,2
0,4 — 0,6	1,29					1 400	1,8
0,6 — 0,8	2,52	3 280	8,25	1 025	2,70	5 670	14,25
0,8 — 1,00	4,14	2 020	8,40	3 700	15,30	9 800	40,50
1,00— 1,2	6,21	1 160	7,20	1 520	9,30	5 400	33,60
1,2 — 1,4	8,70	1 880	16,35	2 550	22,20	2 430	21,15
1,4 — 1,6	11,55	4 350	50,25	4 380	50,40	14 060	162,30
1,6 — 1,8	14,85	4 200	62,40	5 020	74,40	5 890	87,60
1,8 — 2,0	18,45	9 400	173,40	720	13,20	8 000	147,60
2,0 — 2,2	22,65	3 340	75,60	1 100	24,90	1 700	38,40
2,2 — 2,4	27,15	670	18,30	150	2,70	5 700	154,80
2,4 — 2,6	32,10						
2,6 — 2,8	37,50			590			
			421,05		215,10		703,20

plus faible que dans les réseaux complexes à 20000 et 6000 v.

Réduction des frais d'exploitation. — Il sera donc avantageux de conserver les densités de courant actuelles et de chercher à utiliser pour des extensions ultérieures les câbles devenus libres, ou d'augmenter par de nouveaux raccordements la charge des câbles déchargés par l'amélioration du facteur de puissance. La densité restant constante, la perte en kilowatt sera proportionnelle au courant, c'est-à-dire inversement proportionnelle à $\cos\varphi$ et si ω représente la perte totale quand le facteur de puissance est 0,50, la perte correspondant à une valeur quelconque de $\cos\varphi$ sera $\omega \frac{0,50}{\cos\varphi}$ et la diminution de perte ω_1 sera

$$\omega_1 = \omega \left(1 - \frac{0,50}{\cos\varphi}\right).$$

Les courbes OA, OB, OC de la figure 19 représentent ces pertes en kilowatts respectivement pour les réseaux à 20 000, 6 000 et 1 000 v.

Cependant les câbles libérés ne pourraient vraisemblablement pas être employés aussitôt qu'ils seront disponibles et il est intéressant de savoir quelle est l'économie qui sera réalisée sur les pertes pendant cette période si on laissait tous les câbles en service. Elle se calculera facilement par la formule déjà employée pour la diminution des pertes en ligne

$$\omega_1 = \omega \left(1 - \frac{0,50^2}{\cos^2\varphi}\right),$$

formule analogue à la précédente, mais où le $\cos\varphi$ intervient au carré pour tenir compte de ce que, la section n'ayant pas varié, les pertes sont proportionnelles au carré du courant.

Pour obtenir l'économie annuelle il faut multiplier les valeurs correspondant aux réseaux à 20 000, et à 6 000 v par $8760\,p_2$, tandis qu'il faut multiplier celles correspondant au réseau à 1 000 v par $8760\,p_3$. On obtient ainsi les courbes OD, OE, OF de la figure 19.

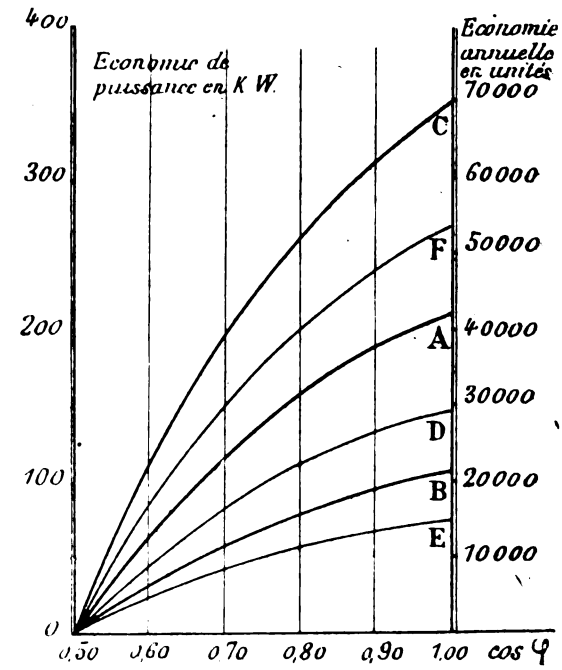


Fig. 19. — Réduction des frais d'exploitation des réseaux de câbles.

Réduction des immobilisations. — Un réseau de câbles n'a pas une puissance déterminée comme un transformateur ou une machine quelconque. La puissance qu'il est susceptible de distribuer n'est que l'un des facteurs

Digitized by Google

caractéristiques de sa valeur. Il est donc impossible de parler du prix par kilowatt d'un réseau ou d'évaluer en kilowatts la partie du réseau qui devient disponible. Mais nous pouvons déterminer, d'après la règle adoptée, la valeur actuelle des réseaux considérés et rechercher quelle est la partie de cette valeur correspondant aux câbles qui pourraient être mis hors service par suite de l'amélioration du facteur de puissance.

Les sections suffisantes pour un facteur de puissance de 0,50 pourront sans modification de la densité être réduites pour un facteur de puissance cos φ quelconque, dans le rapport de 0,50 à cos φ. Si cette réduction pouvait s'opérer pratiquement sur tous les câbles, le prix de la partie du réseau devenant libre serait

$$P\left(1 - \frac{0{,}50}{\cos\varphi}\right),$$

P étant le prix actuel du réseau. Et ce serait là la réduction d'immobilisation lors d'extensions ultérieures. Mais pour pouvoir utiliser les câbles devenus partiellement ou totalement libres, il faut que les nouvelles charges à raccorder se présentent précisément à l'endroit où il est possible de les alimenter. Dans un grand réseau on peut escompter que cela se produira pour une certaine partie, impossible à déterminer, des câbles, mais pas pour tous. C'est pourquoi il est difficile d'estimer à quelle réduction d'immobilisation nous serons conduits.

Dans l'exemple qui nous occupe on peut admettre que les câbles primaires pourront presque toujours être utilisés car ils constituent un réseau d'une complexité suffisante pour que la charge se présentant en un point puisse être alimentée par plusieurs voies différentes au choix. Pour les câbles à 1 000 v il arrivera que l'utilisation des excédents sera moins facile; mais on pourra toujours déplacer les câbles secondaires posés dans des chemins sans pavage. Le déplacement d'un tel câble ne représente actuellement, vu son prix élevé, que 10 ou 15 pour 100 de sa valeur. Si même on admet que la moitié des câbles devenus disponibles devront être déplacés, on voit que la diminution de valeur de l'ensemble ne dépassera pas 5 à 10 pour 100 et pourra être négligée. J'ai représenté par les courbes OA, OB et OC figure 20 les réductions d'immobilisations ultérieures à prévoir respectivement sur les réseaux à 20 000, 6000 et 1 000 v par suite de l'amélioration du facteur de puissance.

En résumé donc, grâce à l'amélioration du facteur de puissance on peut obtenir, soit une réduction des pertes seulement, soit une réduction des pertes jointe à une diminution des immobilisations ultérieures. Au point de vue économique comme au point de vue financier il serait désirable de se rapprocher autant que possible, dans tous les câbles, de la densité optimum.

F. Cabines de transformation. — Dans les cabines de transformation comme dans les sous-stations, nous aurons à considérer une réduction des pertes dans les transformateurs et une diminution des immobilisations ultérieures provenant de la mise en disponibilité d'une partie des transformateurs.

Réduction des frais d'exploitation. — La charge de l'usine sera de 36000 kw sous cos φ = 0,50, soit 72 000 kv-a. En tenant compte des pertes, la charge totale du réseau à 20 000 et à 6000 v ne dépassera pas

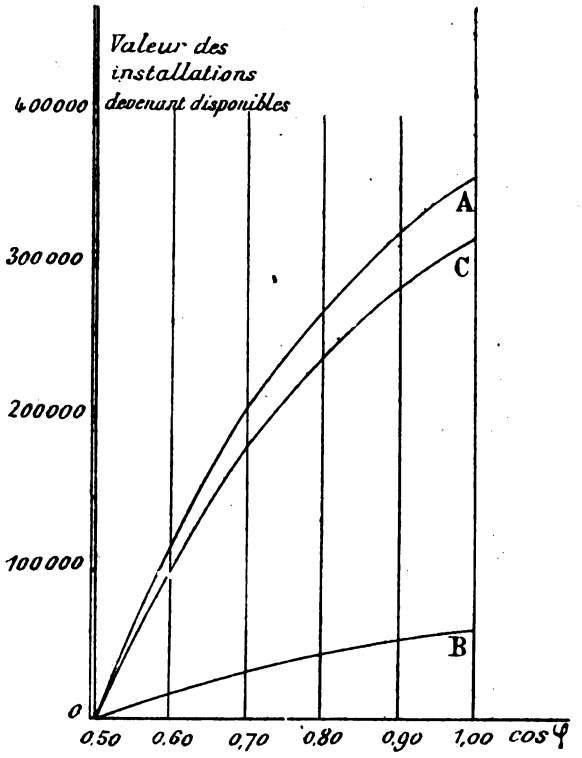


Fig. 20. — Réduction des immobilisations des réseaux de câbles.

65 000 kv-a, mais comme les transformateurs ne sont jamais tous complètement chargés, on peut estimer que cette charge correspondra à une puissance de transformateurs en service d'au moins 90 000 kv-a. Les transformateurs ayant en moyenne un rendement de 98 pour 100, la perte avant amélioration du facteur de puissance sera de 1 800 kw. Pour un cos φ quelconque, la diminution de la puissance perdue en kilowatts sera

$$1\,800\left(1 - \frac{0{,}50}{\cos\varphi}\right),$$

représentée par la courbe OA de la figure 21. En multipliant par 8760 p_3, p_3 étant le prix du kilowatt-heure à la cabine de transformation, on obtient l'économie annuelle représentée par la courbe OB.

Les cabines sont équipées à l'aide de deux ou trois transformateurs, généralement de même puissance. Comme les différentes cabines ne sont pas reliées entre elles par leurs réseaux secondaires, elles doivent posséder chacune un transformateur de réserve : celles qui

Digitized by Google

ont deux transformateurs installés ont donc une réserve égale 100 pour 100 de la puissance des appareils sous tension, et celles qui en ont trois, à 50 pour 100 de cette puissance; par rapport à la charge, cette réserve devrait être naturellement encore plus grande. Toutefois, pour les cabines fort peu chargées, on travaille sans transformateur de réserve, et, en cas d'accident, on utilise les câbles primaires pour amener l'énergie à basse tension d'une cabine voisine. Souvent aussi, on dépasse de 15 ou 20 pour 100 la charge d'un transformateur et l'on utilise une partie de la puissance du transformateur de réserve avant d'en ajouter un troi-

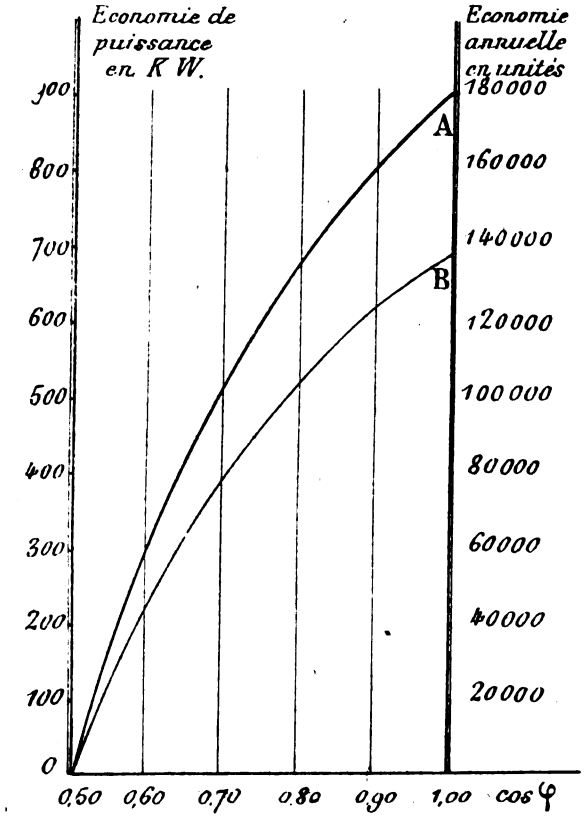


Fig. 21. — Réduction des frais d'exploitation des cabines de transformation.

sième, se réservant, en cas de besoin, de surcharger un peu l'appareil restant. On arrive ainsi à réduire la réserve moyenne à 50 ou 60 pour 100.

La charge totale des cabines à 20 000 v étant de 45 000 kv-A et celle des cabines à 6 000 v de 20 000 kv-A; la puissance totale des transformateurs respectivement nécessaires sera 72 000 kv-A et 32 000 kv-A. L'économie en kilovolts-ampères réalisée sur la puissance installée, calculée par les formules

$$72\,000\left(1-\frac{0,50}{\cos\varphi}\right),$$

et

$$32\,000\left(\frac{0,50}{\cos\varphi}\right),$$

est représentée par les courbes OA et OB de la figure 22 ci-contre. Les courbes OC et OD représentent ces mêmes économies en unités, elles ont été obtenues en multipliant les courbes OA et OB par la valeur actuelle moyenne d'un kilovolt-ampère de transformateur existant.

En ce qui concerne l'économie résultant de la mise en disponibilité d'une partie de la puissance de chaque cabine, elle est assez difficile à estimer avec exactitude. D'abord, il faudrait tenir compte de ce que les bâti-

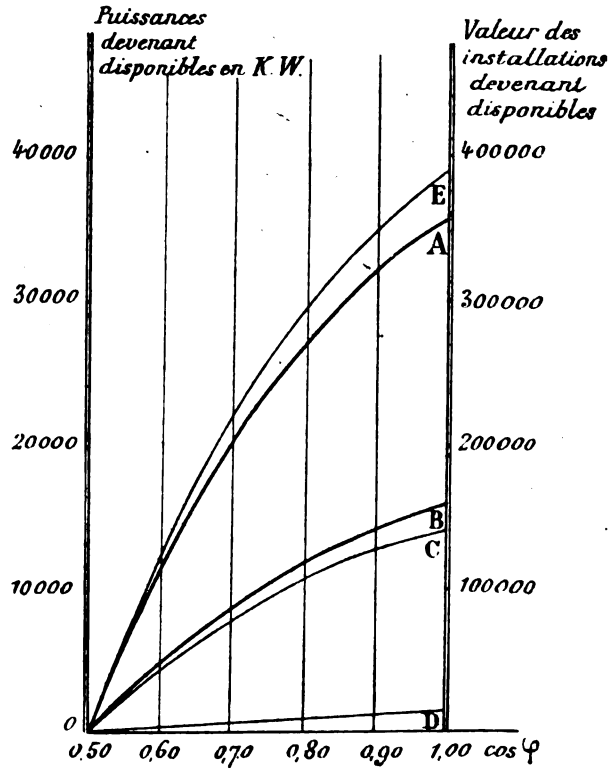


Fig. 22. — Réduction des immobilisations des cabines de transformation.

ments ne sont pas toujours entièrement utilisés : en admettant que la valeur totale des cabines corresponde à la puissance des transformateurs installés, nous estimons donc le kilowatt installé à un prix trop élevé. Toutefois, cette erreur n'est pas très sensible et peut être négligée. D'autre part, la valeur totale des cabines équipées comprend une partie qui n'est utilisable qu'à condition qu'une augmentation de charge se produise dans le rayon de la cabine : c'est le prix de l'immeuble, du montage et des frais accessoires. Seule la valeur des appareils reste intacte, quel que soit le lieu où on les transporte. La partie des installations devenant disponible ne sera donc pas entièrement utilisable et il fau-

Digitized by Google

drait en réduire la valeur dans une proportion impossible à déterminer a priori. Étant donné qu'un certain nombre de cabines sont déjà complètement chargées et devraient être dédoublées à bref délai, et que beaucoup d'autres se trouvent dans des régions en plein développement, je pense que cette réduction de la valeur des installations disponibles peut être assez faible. J'admettrai 25 pour 100 de la valeur totale, ce qui, ramené à la valeur des bâtiments et du montage, représente un chiffre bien plus élevé et, en tout cas, suffisant. Dès lors la puissance utilisable des installations de cabines à 20000 v devenant libre par suite de l'amélioration du facteur de puissance sera égale à 0,75 fois la puissance libérée des transformateurs installés, représentée par la courbe OA, figure 22. En multipliant cette puissance par le prix actuel du kilovolt-ampère installé, nous obtiendrons la courbe OE représentative de l'économie à prévoir sur les immobilisations ultérieures.

Quant aux cabines à 6000 v, elles sont presque toutes fort anciennes, installées de façon très sommaire et leur valeur actuelle est si faible que j'ai préféré la négliger, d'autant plus que le réseau à 6000 v ne sera pas certainement plus étendu, mais, au contraire, est destiné à disparaître progressivement.

G. Augmentation de la puissance utile. — Par suite de la diminution des pertes, toute l'installation bénéficie d'une augmentation de puissance dont nous n'avons pas tenu compte jusqu'à présent.

Les cabines de transformations voient leur puisance augmentée de toute la diminution des pertes dans le réseau de câbles à 1 000 v et les cabines de transformation, de cette quantité plus la diminution des pertes dans les transformateurs. Les sous-stations profitent, en outre, de la diminution des pertes dans les réseaux de câbles primaires, et les lignes aériennes, de cette économie augmentée de la perte dans les transformateurs des sous-stations. Enfin, les sous-stations élévatrices de tension profitent en plus de la diminution des pertes dans les lignes aériennes.

Quant à la centrale, elle bénéficie de toutes les économies de pertes réalisées dans les différentes parties de l'installation, ce qui augmente sa puissance dans des proportions fort appréciables.

La figure 23 montre l'augmentation de puissance résultant pour chaque élément de la diminution des pertes.

Cette augmentation de puissance n'est nullement à négliger; elle accroît la valeur des installations en diminuant les immobilisations ultérieures nécessaires. Pour évaluer cette économie, il suffit de reprendre pour chaque partie de l'installation les courbes d'économie de puissance en kilowatts et d'appliquer le prix unitaire actuel par kilovolt-ampère déjà déterminé (1).

J'ai tracé la courbe OA de la figure 24 qui indique, pour l'ensemble de l'installation, l'économie réalisée sur les immobilisations ultérieures; je n'ai pas pu tracer les courbes analogues pour chaque partie parce que, pour la plupart d'entre elles, les sommes en jeu étaient trop faibles pour être portées sur le diagramme : c'est, en effet, de la centrale, que provient la plus grande partie de l'économie ainsi que le montre la courbe OB représentant la totalité des sommes économisées sur les autres parties. Ceci n'est, du reste, pas étonnant, car outre que la valeur de la centrale par kilowatt installé est bien supérieure à celle de n'importe quelle partie du

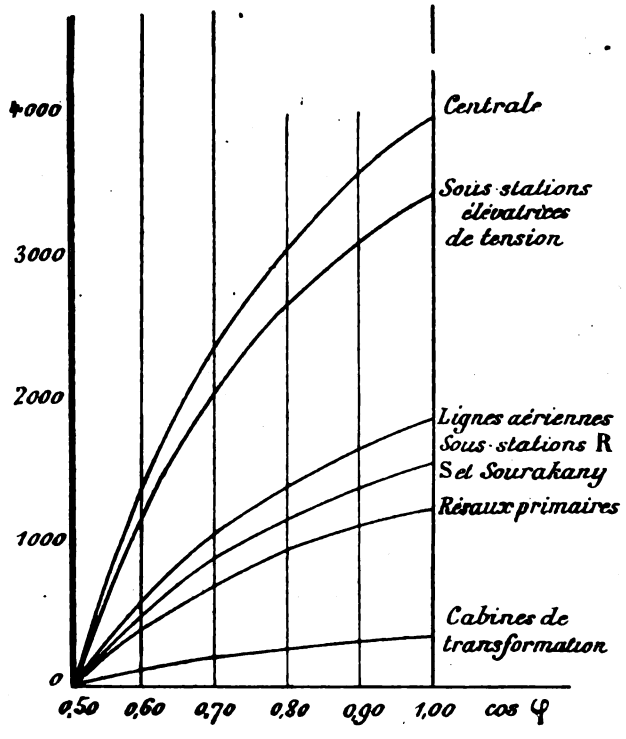


Fig. 23. — Augmentation de puissance des diverses parties de l'installation.

réseau, elle profite de la somme de toutes les économies de puissance réalisées.

H. Totalisation. — Il suffit, pour évaluer les avantages totaux que l'on peut attendre de l'amélioration du facteur de puissance, de considérer l'ensemble des diagrammes établis pour chaque partie de l'installation. Mais ces diagrammes, tracés à des échelles différentes, sont difficiles à comparer et à totaliser. Pour permettre d'embrasser d'un seul coup d'œil les différentes courbes, j'ai réuni dans la figure 25 les diagrammes relatifs à la réduction des frais d'exploitation et dans la figure 26 ceux relatifs à la réduction des immobilisations ultérieures.

On pourrait représenter séparément les économies de puissance exprimées en kilowatts et les sommes annuelles qui représentent ces économies. Les deux figures seraient presque identiques, abstraction faite de l'é-

(1) Quand il s'agit de pertes ou d'économie de puissance perdue, il faut considérer les kilowatts, mais lorsque l'on considère l'augmentation de puissance des installations correspondant à cette économie, il faut naturellement l'exprimer en kilovolts-ampères.

Digitized by Google

chelle; elles ne différeraient que par suite de la variation du prix du kilowatt, qui augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la centrale, ce qui accroît l'importance économique des gains de puissance réalisés dans les réseaux et surtout dans les cabines de transformation et les câbles secondaires. Je n'ai reproduit ici que le plus intéressant des deux diagrammes, celui relatif aux sommes annuellement économisées, dont nous aurons besoin par la suite. Les sommes relatives à chaque partie de l'installation sont représentées par les distances entre deux courbes consécutives. La brisure que l'on

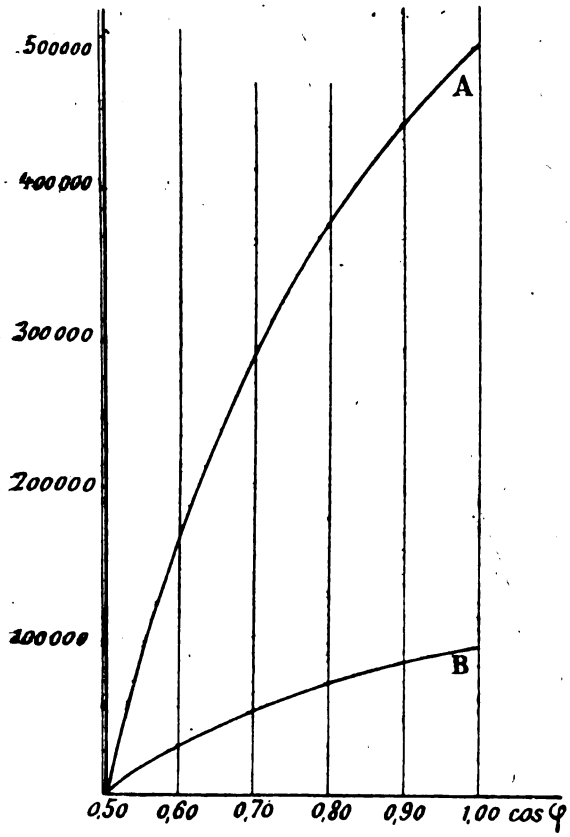


Fig. 24. — Réduction des frais d'immobilisation due à la diminution des pertes.

peut remarquer sur la courbe inférieure au point cos $\varphi = 0{,}65$ et qui se répercute sur toutes les autres provient du changement de régime de marche des turbines en ce point.

La figure 26 traduit de façon analogue la réduction des immobilisations ultérieures. La brisure constatée dans les courses précédentes apparaît ici de façon plus sensible encore parce que l'amélioration du facteur de puissance depuis 0,65 jusqu'à l'unité n'a aucune influence sur les immobilisations ultérieures, tandis qu'au point de vue des frais d'exploitation des turbines, elle continue à être favorable, quoique de façon moins sensible qu'entre 0,50 et 0,65. Dans les deux diagrammes 25 et 26 la courbe supérieure OB correspond au cas où la production de courant réactif se ferait dans les cabines de distribution. Si cette production est concentrée dans les cabines de transformation, c'est la courbe OA qui

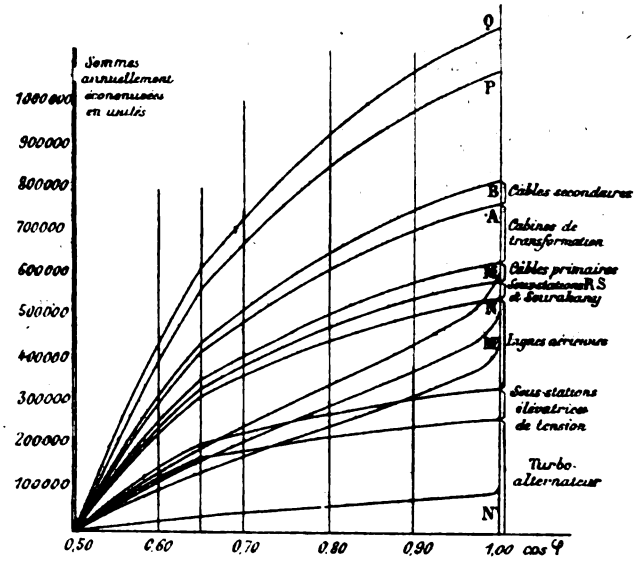


Fig. 25. — Totalisation des économies annuelles partielles.

est valable, l'économie étant réduite de la différence entre ces courbes.

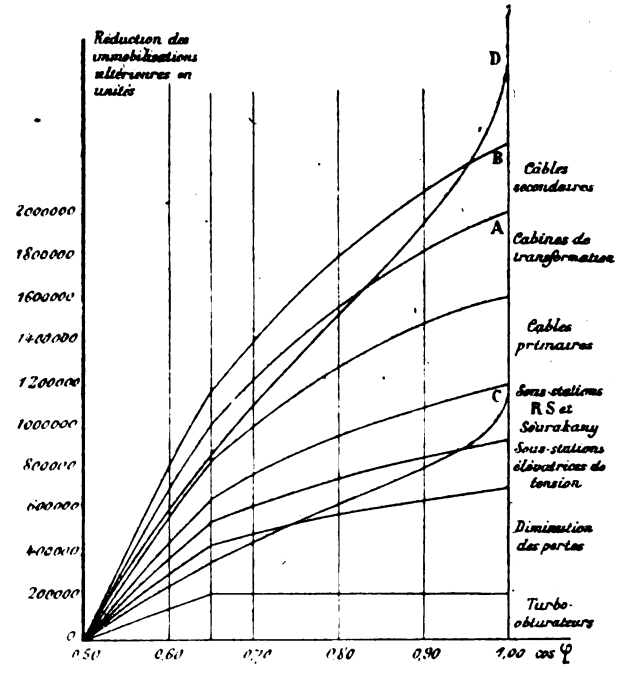


Fig. 26. — Totalisation des réductions d'immobilisations ultérieures.

VI. — **Détermination du courant réactif nécessaire.** — Nous avons exprimé en fonction de cos φ toutes les économies que nous pouvions attendre

Digitized by Google

d'une amélioration du facteur de puissance. Il y a lieu de rechercher maintenant quelle est la puissance apparente à produire pour obtenir un cos φ donné.

Soit (fig. 27), $I = OA$ le courant déphasé d'un angle α sur la tension E, correspondant à une puissance

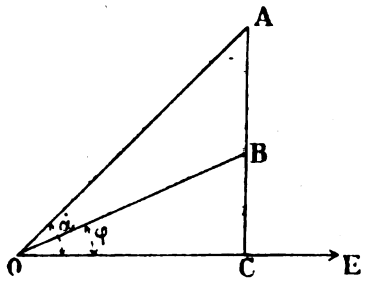


Fig. 27.

donnée W. Pour ramener l'angle α à une valeur φ il faut ajouter au courant $I = OA$ un courant AB. Or

$$\overline{AB} = \overline{AC} - \overline{BC} = \overline{OA} \sin \alpha - \overline{OC} \operatorname{tg} \varphi$$
$$= \overline{OA} (\sin \alpha - \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi),$$

d'où

$$I' = I (\sin \alpha - \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi).$$

En multipliant les deux membres par $E\sqrt{3}$ ou en appelant P la puissance apparente $IE\sqrt{3}$ et P' la puissance réactive $I'E\sqrt{3}$.

$$P' = P (\sin \alpha - \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi).$$

Nous cherchons la puissance réactive à fournir pour relever le facteur de puissance depuis la valeur 0,50 jusqu'à une valeur quelconque n; cette puissance sera donnée par

$$P' = P \left(0{,}866 - 0{,}5 \frac{\sqrt{1 - n^2}}{n}\right).$$

La charge totale du réseau est, en tenant compte de pertes d'environ 10 pour 100, de 32 500 kw, soit 65 000 kw-A sous cos $\varphi = 0{,}50$. La puissance réactive totale nécessaire sera donc

$$P' = 65\,000 \left(0{,}866 - \frac{\sqrt{1 - n^2}}{2n}\right).$$

La figure 28 représente la variation de cette puissance en fonction du facteur de puissance.

On voit que la courbe présente un point d'inflexion; pour mieux en caractériser l'allure générale, je l'ai prolongée vers la gauche; elle correspond dans cette partie à la puissance réactive inductive qu'il faudrait fournir pour abaisser le cos φ : elle ne présente donc aucun intérêt pratique.

Prolongée vers la droite, la courbe représenterait la puissance réactive de capacité qu'il faudrait fournir pour que le facteur de puissance, après avoir passé par l'unité diminue, le courant étant alors en avance sur la force électromotrice.

La forme de cette courbe qui présente une tangente parallèle à l'axe des ordonnées au point cos $\varphi = 1$ montre que l'amélioration du facteur puissance aux environs de l'unité nécessite la production d'une puissance

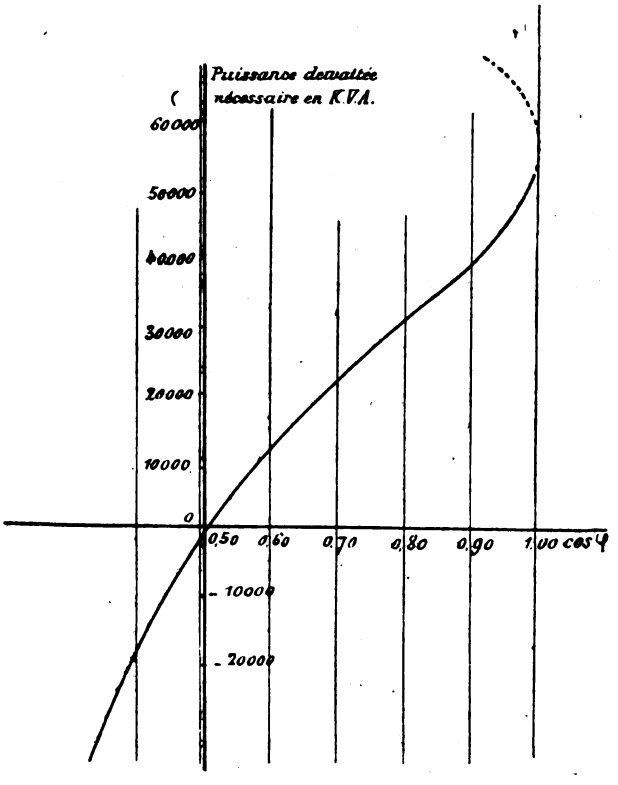


Fig. 28. — Variation de la puissance réactive en fonction du facteur de puissance.

réactive relativement élevée, et l'on peut prévoir dès à présent qu'il ne sera pas avantageux de pousser l'amélioration du cos φ jusqu'en ce point.

VII. — **Emploi des moteurs synchrones.** — Il nous reste à établir quelles seraient les dépenses par kilovolt-ampère installé entraînées par l'emploi des moteurs synchrones. Ayant ce chiffre nous connaîtrons facilement la courbe des dépenses annuelles et, par comparaison avec celles des économies annuelles, nous trouverons facilement le cos φ le plus avantageux et l'économie nette correspondante.

Puissance des unités a adopter. — Les cabines les plus importantes auront, d'après le projet en cours d'exécution, une charge apparente de 4 000 kv-A, environ, ou une charge réelle de 2 000 kw. Si nous supposons a priori, quitte à rectifier après, s'il le faut, que le cos φ optimum soit de 0,9 environ, nous devrons installer

Digitized by Google

dans chaque cabine un moteur de 2 500 kv-a. Nous ramènerons ainsi la charge apparente à 2 200 kv-a, c'est-à-dire que, dans la majorité des cas, un des transformateurs de 2 000 kv-a pourra être supprimé. Dans l'avenir, lorsque la charge de la cabine s'accroîtra suffisamment, il suffira de rétablir ce transformateur et d'installer un second moteur synchrone pour porter la puissance utile de la cabine à 4 000 kw environ.

Dans les rayons moins chargés, un moteur de 2 500 kv-a installé dans une cabine suffira à relever le facteur de puissance de deux ou trois des cabines les plus voisines.

Le type de 2 500 kv-a, qui est précisément un type normal, semble donc convenir au but que nous nous proposons.

Intérêts et amortissement. — Quoique l'on ne puisse pas encore se baser sur une expérience très longue pour évaluer la durée d'amortissement admissible, je pense que, par comparaison avec les alternateurs et autres machines rotatives, on peut la fixer à dix ans environ, en tenant compte de ce qu'il s'agit de machines à marche lente et à basse tension.

Connaissant le prix du kilovolt-ampère installé et la durée d'amortissement, nous déterminerons facilement les frais annuels a d'intérêt et d'amortissement par kilovolt-ampère installé.

Conduite, surveillance. — Il est fort probable que par la suite on pourra éviter de laisser en permanence un homme à côté de chaque machine. Un seul employé pourra surveiller plusieurs cabines voisines dans lesquelles il passera toutes les deux ou trois heures. De plus, une partie des moteurs pourront être installés dans les cabines où il existe déjà une permanence de monteurs, ce qui économisera encore quelques employés.

Mais, pour ne pas tabler sur des probabilités, je suppose qu'au début tout au moins, chaque moteur devra être surveillé de façon permanente; cela exigera pour chaque centre de production trois équipes d'un homme chacune, plus, pour les dimanches, une demi-équipe. Pour tenir compte des congés, fêtes, maladies, estimons à quatre équipes le personnel nécessaire par centre et appelons a_2 les frais correspondants par kilovolt-ampère-an.

Réparations et entretien. — Il est assez difficile d'estimer les frais de réparation et d'entretien d'un appareil qui n'a pas encore été en service continu pendant longtemps. Mais ici il s'agit en réalité d'un alternateur et on peut procéder par comparaison avec les alternateurs des centrales au sujet desquels chaque exploitant possède des données.

C'est ce que j'ai fait en tenant compte, bien entendu, de ce que la puissance unitaire des moteurs synchrones étant moins élevée que celle des génératrices installées à la centrale, les frais de réparation et d'entretien par kilovolt-ampère en seraient plus élevés,

D'autre part, les moteurs synchrones sont à basse tension et tournent à vitesse plus faible : ce sont là deux considérations dont il faudrait tenir compte et qui sont en faveur des condensateurs synchrones. Je ne l'ai cependant pas fait pour conserver un certain coefficient de sécurité dans mon appréciation.

J'ai inclus dans les frais d'entretien désignés par a_3 les frais de graissage et de remplacement des balais.

Consommation d'énergie. — D'après les données que je possède, un condensateur synchrone de 2 500 kv-a absorbe à pleine charge apparente une puissance de 90 kw y compris la puissance nécessaire à l'entraînement de l'excitatrice calée en bout d'arbre.

La consommation annuelle par kilovolt-ampère est donc de $\frac{90}{2\,500} \times 8\,760 = 316$ kw-h et les frais correspondant a_4 s'élèvent à $316\,p_4$, p_4 étant le prix du kilowatt-heure aux cabines de transformation.

Prix total du kilovolt-ampère-an. — Les différents frais ci-dessus étant rapportés au kilovolt-ampère-an, il suffit de les additionner pour obtenir les frais totaux par kilovolt-ampère-an.

Sur ce total, environ 23 pour 100 proviennent des frais d'intérêt et d'amortissement, 14 pour 100 des frais de conduite et surveillance, 1 pour 100 des frais d'entretien et réparation, et 57 pour 100 du prix de l'énergie consommée.

Économie résultante. — L'amélioration du facteur de puissance procure deux avantages de nature différente : une diminution des frais d'exploitation et une économie sur les immobilisations ultérieures. L'installation des moteurs synchrones entraîne de son côté des frais d'exploitation et nécessite une immobilisation de capitaux. Comment procéder à la détermination de l'économie résultante ?

On peut soit traduire les immobilisations en charges annuelles et comparer celles-ci, soit faire la différence des frais d'exploitation, d'une part, et celle des immobilisations, d'autre part.

a) L'économie d'immobilisations résultant de l'emploi des condensateurs synchrones est représentée par la courbe OA de la figure 26. Pour la traduire sous forme d'annuité, il faut déterminer la durée d'amortissement correspondante : or l'économie en question est réalisée sur diverses parties de l'installation, c'est-à-dire sur des matériaux ayant des durées d'amortissement variables de 7 à 15 ans. En moyenne on peut admettre 10 ans.

En ajoutant à la courbe OA (fig. 25) représentative des économies réalisées sur les frais d'exploitation, l'annuité correspondant à la diminution des immobilisations ultérieures, on obtient la courbe OP qui représente la somme annuelle totale économisée, sous quelque forme que ce soit, par l'amélioration du facteur de puissance.

D'autre part, en multipliant la puissance réactive nécessaire (fig. 28) par le prix total du kilovolt-ampère-an de moteur synchrone, on obtient les frais totaux

Digitized by Google

entraînés annuellement par l'installation des condensateurs synchrones. Ces frais sont représentés par la courbe OM de la figure 25. La différence entre les courbes OP et OM représente l'économie nette annuelle. Je l'ai dessinée sous forme de diagramme séparé (fig. 29), courbe OP'. Comme on le voit d'après cette courbe, il y a un maximum d'économie bien marqué aux environs de $\cos\varphi = 0{,}88$.

b) Pour permettre la comparaison séparée des frais annuels et des immobilisations, j'ai tracé sur la figure 25 la courbe OM' des frais d'exploitation des condensateurs synchrones, non compris les frais d'intérêt et d'amortissement, et sur la figure 26 la courbe OC des dépenses d'accumulation des moteurs synchrones. L'économie annuelle des frais d'exploitation se mesure alors sur la figure 25 entre les courbes OM et OP ; elle est représentée (fig. 29) par la courbe OP. Celle-ci présente un

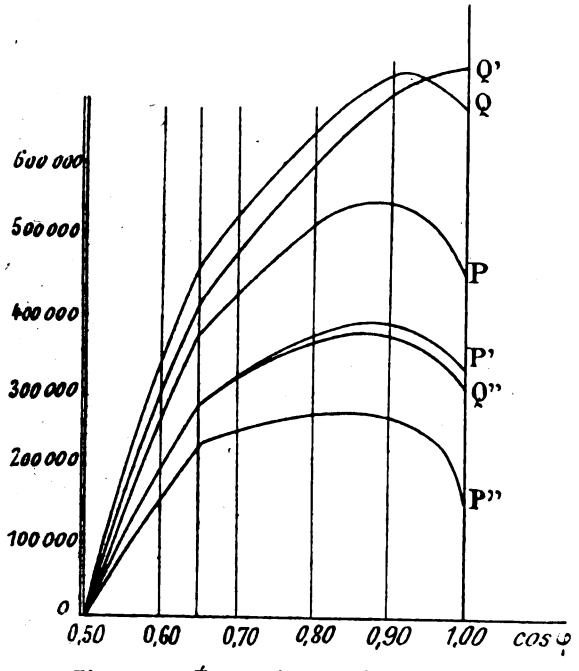


Fig. 29. — Économie annuelle résultante.

maximum correspondant à peu près à $\cos\varphi = 0{,}89$. Mais il ne faut pas en conclure que c'est là la valeur optimum du facteur de puissance, car l'économie des frais d'exploitation ne représente plus maintenant que l'un des facteurs de l'économie totale, l'autre étant la diminution des immobilisations, mesurée par la différence entre les courbes OA et OC de la figure 26.

Les courbes OP et OP' ont des maxima qui, par hasard, correspondent à peu près à la même valeur du $\cos\varphi$, mais il pourrait en être autrement, et dans ce cas, c'est la courbe OP qu'il faudrait considérer dans la détermination du $\cos\varphi$ optimum, car c'est la seule qui résume l'ensemble de toutes les économies.

c) Enfin, on peut considérer comme discutables les valeurs admises pour les installations devenant disponibles, de même que la possibilité d'utiliser celles-ci à bref délai. Dès lors, il est intéressant d'examiner si, en négligeant complètement les diminutions d'immobilisations ultérieures, il y aurait encore avantage à améliorer le facteur de puissance. L'économie annuelle résultante est alors mesurée sur la figure 25 par la différence entre les courbes OM et OA. Sur la figure 29, elle est représentée par la courbe OP. On voit que, même dans ce cas, elle est encore très sensible.

VIII. — **Emploi des condensateurs statiques.** — Nous procéderons pour les condensateurs statiques comme nous avons procédé pour les moteurs synchrones. Le problème se simplifie cependant un peu par le fait qu'il n'y a pas lieu de déterminer la puissance normale des unités, celles-ci n'ayant pas d'influence sur le prix, et aussi parce que, avec des appareils statiques, toute question de surveillance ou de conduite tombe.

Intérêt et amortissement $= a_1$. — La durée d'amortissement est encore beaucoup plus indéterminée pour les condensateurs statiques que pour les moteurs synchrones, et c'est même là, à mon avis, un des obstacles les plus sérieux qui s'opposeront encore pendant quelques années au développement de l'emploi de ces condensateurs. L'un des éléments les plus importants du calcul économique est incertain et impossible à fixer définitivement maintenant. Le constructeur affirme, et le raisonnement paraît confirmer cette opinion, que les condensateurs statiques ont une durée au moins égale à celle des condensateurs rotatifs. Vu l'absence de données précises à ce sujet, j'ai admis cette égalité de durée d'amortissement.

Réparation et entretien $= a_3$. — La question des frais de réparation est aussi indéterminée que celle de l'amortissement. Toutefois, ces frais ne peuvent en aucun cas être bien élevés car, ou bien un élément est mis hors service de temps à autre, et alors les frais de réparation sont très réduits, ou bien la détérioration des éléments prend à un certain moment un caractère chronique, systématique, et le condensateur doit être renouvelé tout entier. Je pense qu'en admettant comme montant des frais annuels de réparation le même pourcentage du prix d'achat que pour le condensateur synchrone, on compte très largement, d'autant plus que le prix d'achat par kilovolt-ampère est très élevé.

Energie consommée $= a_4$. — La puissance absorbée par 1 kv-a de condensateur statique ne dépasse pas 0,01 kw. Les frais annuels correspondants seront donc égaux à $87{,}6\ p_4$, p_4 étant le prix du kilowatt-heure aux cabines de distribution.

Prix du kilovolt-ampère-an. — On obtient facilement ce prix par la simple addition des valeurs trouvées pour a_1, a_3 et a_4. Sur le total, 78 pour 100 environ correspondent aux frais d'intérêt et d'amortissement, 3 pour 100 environ aux frais de réparation et 19 pour 100 au prix de l'énergie consommée.

Digitized by Google

Economie résultante. — J'ai représenté par la courbe OQ (fig. 25), l'économie annuelle totale résultant de l'amélioration du facteur de puissance au moyen des condensateurs statiques. Cette courbe est obtenue de façon analogue à la courbe OP, c'est-à-dire en ajoutant à la courbe OB, représentative des économies annuelles sur les frais d'exploitation, les annuités correspondant à l'intérêt et à l'amortissement des diminutions d'immobilisations représentées par la courbe OB de la figure 26. D'autre part, sur la figure 25, j'ai représenté par la courbe ON les frais totaux, intérêt et amortissement compris, entraînés annuellement par l'installation des condensateurs statiques. L'économie résultante est mesurée entre les courbes ON et OQ : elle est représentée sur la figure 29 par la courbe OQ présentant un maximum pour $\cos\varphi = 0{,}91$ environ.

La courbe ON' (fig. 25) représente les frais d'exploitation annuels dus à l'emploi des condensateurs statiques, non compris les frais d'intérêt et d'amortissement. La courbe OD de la figure 26 représente les immobilisations nécessaires à l'installation de ces condensateurs.

L'économie annuelle sur les seuls frais d'exploitation est mesurée par la différence entre les courbes ON' et OQ de la figure 25, elle est représentée par la courbe OQ' de la figure 29. Remarquons que cette courbe passe par un maximum pour une valeur de $\cos\varphi$ nettement supérieure à celle qui correspond au maximum de la courbe OQ, tandis que pour les courbes analogues OP et OP' les deux maxima coïncidaient sensiblement. Cela provient de ce que, dans le cas des moteurs synchrones, la différence entre la réduction des immobilisations ultérieures et le prix des condensateurs était toujours positive (courbe OA, OB, fig. 26) tandis que maintenant cette différence, d'abord positive, devient négative à partir de la valeur $\cos\varphi = 0{,}95$ environ (courbes OB, OD, fig. 26).

Enfin, si on néglige complètement les réductions d'immobilisations ultérieures, l'économie résultante se mesure sur la figure 25 par la différence entre les courbes OB et ON. Elle est représentée sur la figure 29 par la courbe OQ".

IX. — **Conclusions**. — 1° L'amélioration du facteur de puissance présente, dans le cas étudié, un avantage considérable.

2° Avec les bases admises pour les prix, durée d'amortissement, frais de réparation et consommation d'énergie des appareils en présence, le condensateur statique est supérieur au condensateur synchrone.

3° Avec les données admises, la valeur optimum du facteur de puissance est voisine de $\cos\varphi = 0{,}90$, quel que soit le type de condensateur employé. Il vaut mieux se tenir légèrement en deçà de cette valeur que de la dépasser, comme le montre la forme des courbes d'économie.

X. — **Discussion critique des résultats**. — Un certain nombre des données servant de base à cette étude peuvent varier dans de larges limites, soit qu'elles aient été appréciées de façon inexacte, soit que l'avenir amène des modifications des valeurs adoptées. Il est indispensable d'examiner, du moins pour les principales d'entre elles, l'influence qu'auraient leurs variations sur les résultats trouvés.

Valeur actuelle des installations. — Une surévaluation des installations existantes conduirait à une exagération des réductions d'immobilisations. Les courbes OA et OB de la figure 26 devraient donc être abaissées, ce qui se traduirait sur la figure 25 par un écart moindre entre les courbes OA et OP, OB et OQ. L'économie résultante diminuerait d'une quantité relativement très faible pour une variation considérable de la valeur actuelle des installations, et, en tout cas, ne descendrait jamais en dessous des valeurs correspondant aux courbes OP" et OQ" de la figure 29. En même temps la valeur optimum du $\cos\varphi$ diminuerait en tendant vers 0,85 pour les condensateurs synchrones et vers 0,88 pour les condensateurs statiques. Les courbes d'économie s'aplatiraient et leurs variations aux environs du maximum diminueraient.

Dans l'ensemble, une erreur d'évaluation considérable, 20 et même 50 pour 100, ne modifierait pas sensiblement les conclusions ci-dessus.

Prix du kilowatt-heure. — Le prix du kilowatt-heure dépend principalement du combustible dont le prix après la guerre est très problématique. Si ce prix est supérieur au prix admis, l'avantage résultant de l'amélioration du $\cos\varphi$ s'accentuera.

Pour évaluer dans quelle proportion cette influence peut se faire sentir, remarquons que les courbes OA et OB de la figure 25 représentent des valeurs dont une partie seulement, environ 55 à 60 pour 100, est proportionnelle au prix du combustible, le reste est indépendant de ce prix. Sur les valeurs totales représentées par les courbes OP et OQ, on peut admettre qu'un tiers environ dépend du prix du combustible. L'influence de ce prix, quoique sensible, n'est donc pas non plus de nature à modifier notre conclusion au sujet de l'intérêt que présente l'amélioration du facteur de puissance.

Par contre, elle pourrait modifier l'économie relative des deux systèmes en présence : le condensateur statique doit en grande partie son avantage à sa faible consommation d'énergie et à l'absence de surveillance qu'il nécessite. Une forte diminution du prix du combustible pourrait donner la priorité au condensateur synchrone.

Prix de la main-d'œuvre. — Le prix de la main-d'œuvre ne pourrait avoir d'influence que sur l'avantage relatif des deux systèmes en présence. Seule, une augmentation du prix admis est du reste à envisager et elle ne ferait que renforcer l'avantage du condensateur statique sur son concurrent.

Variations simultanées. — Dans les circonstances créées par l'époque troublée que nous traversons, l'hypothèse la plus vraisemblable est que les variations des

Digitized by Google

données, si elles sont considérables, seront simultanées : une variation de la valeur du rouble entraînera une variation correspondante du prix du combustible, de la main-d'œuvre, des machines, etc., et, dans ces conditions; l'influence de cette variation sur les conclusions ci-dessus sera fort peu sensible.

Il semble donc bien que ces conclusions, quoique basées sur des données parfois discutables, sont assez fermement assises. Il n'y a qu'un point, que j'ai déjà signalé et qui pourrait les modifier sérieusement, c'est l'incertitude où l'on se trouve au sujet de la vie probable des condensateurs statiques et de leurs frais d'entretien. Seul un essai de longue durée, fait de façon industrielle et sur des puissances assez considérables, pourrait trancher définitivement cette question.

F. Scoumanne,
Directeur de la Société « Force Electrique », de Bakou.

La distillation du goudron et l'utilisation de ses éléments

Les difficultés d'approvisionnement en combustible et l'élévation constante du prix d'achat de ce dernier ont poussé les diverses industries qui l'utilisent à en obtenir le rendement maximum. L'auteur examine en particulier la possibilité de tirer une source de force motrice supplémentaire par l'utilisation complète du goudron, sous-produit de la distillation de la houille.

Dans un précédent article, nous avons montré que la tendance générale actuelle semblait conseiller de préférer la distillation de toutes les houilles contenant une proportion suffisante de matières volatiles, à l'utilisation directe du combustible brut. Nous avons dit que, l'utilisation des sous-produits provenant de cette distillation était fort importante, d'autant plus que, même dans les installations les mieux organisées, une bonne partie de ces sous-produits récupérés par la distillation s'échappent par la cheminée dans les usines utilisant directement le combustible brut.

I. — **Sous-produits combustibles provenant de la distillation du goudron**. — Nous allons examiner d'un peu plus près par quels procédés on peut tirer tout le parti possible de la distillation du goudron. Nous avons déjà indiqué que cette distillation conduisait facilement, par des procédés relativement simples, à la production :

a) D'huiles dites légères telles que le benzène, le toluène, le xylène ;

b) D'huiles dites moyennes et lourdes ;

c) D'un résidu, le brai ou la poix contenant souvent environ 40 pour 100 de charbon pur.

II. — **Utilisation de ces sous-produits**. — La plupart des huiles légères produites peuvent être utilisées directement sans avoir à subir aucun traitement secondaire pour l'alimentation de moteurs à essence, au lieu et place des huiles de pétrole ; tel, par exemple, le benzol. Les huiles lourdes seront utilisées pour alimenter des moteurs semi-Diesel ou Diesel. On connaît, d'autre part, l'importance actuelle du toluène, dont le composé nitré, le trinitrotoluène, est un explosif à effet très brisant.

Le brai, résidu de la distillation du goudron, devient lui-même utilisable directement comme combustible grâce à l'emploi des brûleurs Oméga, que nous avons décrits dans l'article déjà cité plus haut. Le brai peut être employé, comme nous le verrons plus loin, soit pour chauffer directement les fours à distiller le goudron dans le procédé de distillation Sulzer, soit à produire la vapeur nécessaire au procédé dit de la superposition des densités.

Nous voyons donc, par ce qui précède, qu'une usine génératrice d'électricité, opérant la distillation du combustible qu'elle doit utiliser, peut trouver une source importante d'énergie en employant d'une part, dans des moteurs dits à essence, une partie des huiles légères provenant de la distillation des goudrons, d'autre part les huiles lourdes dans des moteurs Diesel ou semi-Diesel. Le brai provenant de la distillation sera lui-même un rouage dans le cycle et servira à venir en appoint au combustible nécessaire à la distillation du goudron par l'emploi de brûleurs spéciaux. Dans un article de Potter (1) il est dit que les huiles lourdes ne peuvent être utilisées qu'avec des machines à brûleur du type Diesel ou semi-Diesel, fonctionnant à une compression d'environ 21 kg : cm². Les moteurs Diesel permettent de réaliser une grande économie de combustible et fonctionnent avec les huiles les plus lourdes. Le rendement thermique des moteurs Diesel est d'environ 30 pour 100. Malgré ces avantages, le moteur Diesel est assez peu utilisé en Amérique, parce que le combustible liquide abonde chez les Américains et qu'on préfère employer des huiles plus légères provenant de la distillation du pétrole dans des moteurs à cycle Otto, dont le prix de revient est de trois à quatre fois plus petit que celui du moteur Diesel, mais dont le rendement thermique n'est pas supérieur à 20 pour 100. En Europe, où les huiles de pétrole sont beaucoup plus rares et plus chères qu'en Amérique, nous avons intérêt à utiliser les huiles lourdes directement dans des moteurs Diesel ou semi-Diesel. C'est du reste une manière de faire qu'on tendait à généraliser en Europe déjà avant la guerre et qui, depuis, a pris de plus en plus d'extension.

(1) *Electrical World*, 9 juin 1917, t. LXIX, n° 23, p. 1100-110

Digitized by Google

III. — **Deux méthodes simples pour opérer la distillation du goudron.** — Voyons maintenant, avec quelques détails, deux méthodes simples permettant de séparer sans de grandes installations coûteuses le goudron en ses éléments principaux : huiles légères, huiles lourdes et brai.

a) Un premier procédé, dit procédé Sulzer, a été décrit par W. Solton (1). Nous en rappellerons le principe en quelques mots.

Le procédé Sulzer est un procédé continu. Le goudron, tel qu'il arrive des usines à gaz, c'est-à-dire non débarrassé de son eau, est conduit successivement dans une série de chaudières cylindriques à axe horizontal où la distillation se poursuit d'une manière parfaitement continue; le cours de la distillation est le suivant : le goudron emmagasiné dans un réservoir à son arrivée des usines à gaz ou à coke passe d'abord dans un bassin de charge, situé au-dessus de la salle des condenseurs. Il s'écoule de là dans le four de distillation, en traversant un serpentin de réchauffage, une chaudière à basse température et une chaudière à haute température. Les vapeurs dégagées dans ces chaudières sont dirigées vers deux condenseurs distincts; du premier condenseur, le liquide condensé passe à un séparateur d'où sortent d'un côté les huiles légères et de l'autre les eaux ammoniacales; des vapeurs dirigées sur le second condenseur, une partie se condense avant d'arriver à lui, ce sont les huiles lourdes; elles sont conduites directement à un réservoir spécial; les huiles moyennes sont condensées dans le deuxième condenseur. On améliore encore le rendement de l'installation en aspirant à l'aide d'un éjecteur à air les vapeurs émises par le brai dans la conduite d'évacuation et en les condensant dans une conduite séparée; l'huile ainsi obtenue est principalement de l'anthracène. Les cuves sont généralement d'une capacité de 10 à 30 t; elles sont le plus souvent chauffées au coke ou à la houille, il semble qu'on puisse facilement leur appliquer le procédé de chauffage au brai avec brûleur spécial, comme nous l'avons dit plus haut. La seule force motrice exigée par l'installation est fournie à un petit moteur électrique qui actionne, d'une part, des agitateurs disposés dans les chaudières, d'autre part le ventilateur qui alimente les éjecteurs du tirage forcé pour le chauffage des cuves et de l'aspiration des vapeurs de brai. D'une manière générale, il faut compter sur 5,88 kg de coke par 100 kg de goudron distillé; l'eau de réfrigération nécessaire comporte 0,2875 m³ : 100 kg de goudron distillé. L'opération effectuée sur du goudron provenant des cornues verticales de l'usine à gaz de Genève a donné les résultats suivants : 61,91 pour 100 d'huiles légères et lourdes, 36,22 pour 100 de brai. On peut évidemment réaliser une sérieuse économie sur la consommation de coke en essayant d'utiliser comme combustible pour le chauffage des cuves le brai, sous-produit de cette distillation à l'aide de brûleurs spéciaux. Cette adaptation doit être facile à réaliser puisque nous avons vu, dans un précédent article, que ce mode de combustion a été déjà utilisé avec succès pour le chauffage de chaudières à vapeur.

b) Un deuxième procédé de distillation du goudron a été signalé par R. Wavre (1). Ce procédé de distillation continue a été exploité industriellement quelque temps avant la guerre et a donné de bons résultats. L'appareil se compose en principe d'une colonne de distillation munie à sa partie supérieure et à sa partie inférieure de deux barrages thermiques constitués par deux faisceaux tubulaires alimentés par de la vapeur à 6 kg : cm². Le mode opératoire est basé sur le principe de la superposition des densités.

Le goudron, provenant de la cuve générale d'alimentation, traverse d'abord un bac régulateur, passe ensuite dans un réchauffeur, puis de là se rend à la partie supérieure de la cuve de distillation où se trouve le premier barrage thermique. Le goudron se déshydrate en traversant ce premier barrage et commence à abandonner une partie des huiles légères qu'il contient. Cette distillation des huiles légères continue jusqu'à l'arrivée du goudron au barrage thermique inférieur. La distillation des huiles moyennes est obtenue par injection dans la colonne au-dessus du barrage thermique inférieur d'une certaine quantité de vapeur directe. Cette injection a pour effet d'abaisser la température d'ébullition des huiles moyennes. Ces huiles ainsi vaporisées se rendent dans un séparateur combiné avec le réchauffeur à goudron. Les huiles, dont le point d'ébullition est le plus élevé, se condensent en cédant leur chaleur latente de vaporisation au goudron qui arrive dans le réchauffeur; les huiles légères continuent leur chemin jusqu'à un condenseur. Chacune de ces sortes d'huiles à la sortie du séparateur ou du condenseur correspondant se rend à un séparateur d'eau. La température du faisceau tubulaire inférieur est maintenue telle que le brai qui s'écoule ait la consistance voulue et ne contienne plus qu'une proportion d'huiles parfaitement déterminée et réglable.

Ce procédé est plus simple que le procédé Sulzer et facile à appliquer; pour produire la vapeur nécessaire au fonctionnement de la colonne de distillation, on peut utiliser ici encore des brûleurs spéciaux pour le chauffage de la chaudière en employant le brai comme combustible direct.

Conclusion. — Ces deux procédés simples de distillation permettront donc facilement d'obtenir, d'une part, des huiles légères et lourdes pour l'alimentation de moteurs à explosion, actionnant par accouplement direct des générateurs électriques appropriés. De plus, le brai restant peut être utilisé, grâce à des brûleurs spéciaux, comme combustible pour participer à la distillation même du goudron. Cette manière de procéder apporte une amélioration considérable au régime que

(1) *Bulletin technique de la Suisse romande* du 11 août 1917, t. XVI.

(1) *Bulletin technique de la Suisse romande*, 20 octobre 1917, t. XXI, p. 213.

Digitized by Google

nous signalions dans notre précédent article, consistant, pour une usine génératrice d'électricité, à distiller la houille qui lui est nécessaire au lieu de l'employer comme combustible brut; car elle permet d'utiliser directement comme source d'énergie tous les sous-produits combustibles.

La distillation du goudron sera également une source considérable de profit pour les usines à gaz qui pourront ainsi obtenir directement des huiles légères et lourdes leur permettant, si elles le désirent, d'alimenter des groupes moteurs à explosion-générateur d'électricité, le résidu formé, le brai, pouvant être utilisé comme combustible direct dans l'opération de la distillation du goudron.

Nous voyons donc ici encore surgir un point commun supplémentaire entre les deux rivales de jadis, les usines à gaz étant conduites naturellement vers la production de l'énergie électrique pour permettre une utilisation rationnelle et à haut rendement d'un sous-produit de la distillation de la houille : le goudron.

E. Piernet,
Ingénieur I. E. N., licencié ès sciences.

Revues, analyses et informations

La situation de l'industrie électrique en Allemagne.

1. On continue à s'occuper en Allemagne des matériaux de remplacement (Ersatzstoffe). L' « Elektroindustrie », le journal officiel de la Société des installateurs d'électricité suisses, publie, dans son numéro du 15 août, les renseignements suivants sur le « Pertinax » isolant destiné à remplacer le mica, que l'on peut difficilement se procurer.

L'énorme résistance électrique du mica est due à sa constitution lamellaire, que l'on est parvenu à imiter dans le pertinax, qui est formé de feuilles de papier durci, comprimées. Cette matière résiste bien aux efforts mécaniques; par exemple sous forme de tuyau, le pertinax résiste mieux que le plomb aux pressions intérieures. Il se travaille comme le bois, il peut être tourné, scié, coupé et on peut y percer des trous.

Sa résistance à la disruption est à peu près égale à celle du mica, elle est d'environ 25 000 v : mm d'épaisseur; il résiste bien à l'action de l'huile et n'est attaqué par celle-ci qu'à la température de 200°. Sa résistance à la traction est de 1 000 kg : cm², c'est-à-dire égale à celle des meilleurs bois australiens.

Il est excellent pour l'isolement des machines électriques et des transformateurs et pour la construction des condensateurs, pour l'exécution des traversées et peut lutter avec la porcelaine pour la fabrication des isolateurs utilisés à l'intérieur.

Par suite de son mode de fabrication, il faut l'employer en pièces planes ou de forme sphérique; on peut cependant, sans grande difficulté, en fabriquer des pièces coniques ou de formes analogues. On ne peut cependant utiliser les déchets de rabotage ou de perçage.

Au point de vue électrique, on doit le disposer autant que possible de manière que les couches de papier soient perpendiculaires à la direction des lignes de force du champ électrique, car dans ce sens la résistance à la disruption est maximum.

2. Le délégué de l'Union des installations suisses à l'assemblée annuelle de la société similaire allemande, qui a eu lieu à Francfort, le 18 juin, dans son rapport, paru dans l' « Elektroindustrie » du 15 août, dit que M. J. Raake d'Aix-la-Chapelle a fait une conférence sur les matières de remplacement de l'électrotechnique, mais il ajoute qu'il ne peut en parler, car il s'y trouvait beaucoup de choses confidentielles qui ne doivent pas être connues, surtout dans les pays ennemis. On a acquis sur certains points une expérience fructueuse, dont l'Allemagne profitera après la guerre.

Nous avons constaté avec satisfaction que, cette fois-ci, le délégué suisse, qui, ainsi qu'il l'a fait connaître à diverses reprises, est sympathique aux puissances centrales, dans ses considérations sur la situation en Allemagne, ne mentionne plus comme les années précédentes, l'abondance des vivres et surtout la grande quantité de troupes de réserve. Il dit simplement que l'on ne peut plus se procurer en Allemagne de matières premières en grandes quantités que pour les travaux de la guerre, auxquels participe beaucoup l'industrie électrique et que l'on est persuadé qu'après une paix avantageuse, cette industrie fleurira de nouveau.

3. L'Allemagne continue à manquer de cuivre, l' « Elektroindustrie, dans un article sur la pénurie de cuivre en Suisse, paru dans le numéro du 15 août, dit qu'en Allemagne on a été jusqu'à réquisitionner les cloches et les cors de chasse.

4. Un fait qui semble extraordinaire, à première vue, est que l'Allemagne manque de charbon, malgré l'abondance de ses mines et de celles des pays envahis. Le fait peut être expliqué par le manque de main-d'œuvre, et principalement par la difficulté des transports; le matériel des chemins de fer allemands est certainement dans un état déplorable, à cause du manque croissant d'huiles de graissage

Diverses ordonnances mettent en lumière cette crise du charbon. L' « Elektroindustrie », dans son numéro du 1er septembre, publie sous le titre : « pour chaque genre d'occupation, une seule flamme », l'entrefilet suivant :

« Le président de la police de Berlin communique la note suivante : vu la pénurie croissante de charbon, il faut réduire, autant que possible, les dépenses d'électricité et de gaz dans les habitations. D'accord avec messieurs les commissaires impériaux, pour l'électricité et le gaz, je recommande instamment de mettre hors de service, toute lampe qui n'est pas absolument nécessaire, de ne laisser les autres allumées que le moins longtemps possible. En particulier, tout éclairage, qui ne sert qu'à l'agrément et à la commodité doit être supprimé. En général, un foyer lumineux unique, par occupation, doit suffire. J'adresse cette exhortation, en comptant sur le sens patriotique de la population; j'espère et je compte que ces prescriptions seront suivies

Digitized by Google

par tous, et qu'il me sera évité d'avoir à édicter des règlements, dont la non-exécution serait passible de peines. »

4. Le numéro de l' « Elektrotechnische Zeitschrift » du 28 juin contient une communication du ministre de l'Intérieur de Bavière, en date du 30 mai relative à la réglementation des travaux de battage :

« La préparation, sûre et rapide de la récolte, vu la pénurie actuelle de charbon, exige une réglementation spéciale du battage électrique. »

On doit d'abord procéder aussi économiquement que possible, vû les faibles approvisionnements de charbon et autres combustibles. Cela sera atteint, particulièrement en utilisant le mieux possible l'énergie hydraulique. La plupart de nos cours d'eau ont des débits importants, en été et en automne. On devra donc faire en sorte de terminer la partie la plus importante du battage pendant ces saisons, dans le cas où on utilise de l'énergie provenant de chutes d'eau. Cela, du reste, ne pourra se faire que si l'on utilise l'eau, non seulement pendant le jour, mais autant que possible encore pendant la nuit, afin que, pour remplacer l'eau coulant inutilement la nuit, on ne gaspille pas du charbon ou d'autres combustibles, nécessaires pour d'autres objets. On peut également réaliser une économie de charbon, en utilisant dans les mêmes conditions, pour le battage, l'énergie électrique fournie par de grandes centrales, dont les moteurs thermiques doivent fonctionner pendant toute la nuit. Le battage électrique, pendant la nuit, est facilité par le fait que l'électromoteur, contrairement à la locomobile, n'a besoin d'aucune main-d'œuvre de service, et que l'éclairage par l'électricité ne présente pas de danger d'incendie,

» D'après ce qui précède, il est avantageux, dans les localités où de l'énergie électrique, fournie par des chutes d'eau ou de grandes centrales thermiques, est à la disposition, de ne pas employer le battage à la vapeur, et de mettre les machines à vapeur devenues ainsi inutiles, contre indemnités, à la disposition des localités qui n'ont pas de distributions d'électricité et manquent de machines à vapeur.

» On doit en outre veiller à ce que les installations électriques, en première ligne les machines des centrales et les transformateurs des sous-stations agricoles, ne soient pas endommagés, par suite de surcharges trop grandes. Des détériorations aux machines et aux transformateurs ne pourront être réparées, pendant la durée du battage actuel, vu le manque de matériel et de main-d'œuvre, ainsi que le surcroît de travail imposé aux fabriques, par les fournitures à l'armée : les localités intéressées seraient privées de lumière électrique et de force motrice, jusqu'au printemps prochain. A cela s'ajoute que les réseaux de distribution électrique ont leur conductibilité diminuée *par suite du remplacement, en beaucoup d'endroits, par ordre de l'armée, des conducteurs en cuivre par des conducteurs en fer*, de sorte que la marche simultanée d'électromoteurs, dans les conditions anciennes, n'est plus possible.

» A la suite de ces considérations et d'accord avec le ministre de la Guerre, la réglementation suivante, pour le battage, est promulguée

» 1° Les centrales électriques et les sociétés de distribution d'énergie électrique doivent, autant que cela est nécessaire, établir un règlement pour le battage et le communiquer aux bourgmestres et aux autorités locales.

» 2° Le règlement pour le battage peut s'appliquer, au besoin, aux points suivants.

» *a*) Les moteurs électriques de battage doivent être utilisés aussi constamment que possible, dès le commencement de la récolte, donc :

» Non seulement pendant le mauvais temps, mais aussi pendant le beau temps.

» Non seulement pendant les heures habituelles de travail, mais encore pendant les heures de repos pour les repas ; de sorte que, pendant ces pauses, au moins la moitié des moteurs soient en fonctionnement.

» Non seulement, pendant les jours de semaine, mais encore pendant les dimanches et jours de fête, après le service divin, et les après-midi à la veille des dimanches et fêtes.

» Non seulement pendant le jour, mais pendant les heures de nuit désignées par les centrales électriques.

» *b*) Les électromoteurs pour battage ne doivent être utilisés qu'en nombre et dans un ordre déterminés

» *c*) Pendant le temps de l'éclairage principal, l'usage des moteurs de battage est interdit ; les heures d'interdiction seront désignées.

» 3° Les bourgmestres et les autorités locales doivent donner connaissance aux intéressés des règlements concernant le battage.

» 4° Les bourgmestres et les autorités locales doivent tenir la main à l'exécution stricte du règlement de battage. Ils sont autorisés à faire des changements dans la répartition des groupes de moteurs devant fonctionner simultanément, en tenant compte des principes indiqués et d'accord avec les usines d'électricité. »

5° Si l'ordre indiqué par le règlement n'est pas suivi, la centrale électrique a le droit de couper le courant à la localité jusqu'à ce que l'ordre indiqué soit appliqué. Les contrevenants pourront être punis.

« Cette réglementation ne s'applique pas au battage précoce, qui continue à être soumis aux anciennes prescriptions.

» Les usines électriques sont priées de se mettre d'accord avec les commissaires supérieurs pour le battage dans les localités où la récolte a lieu de bonne heure, pour toutes les questions relatives au battage à l'électricité. »

5. Le numéro de l' « Elektrotechnische Zeitschrift » du 5 juillet publie une décision du conseil fédéral, d'après laquelle le chancelier de l'empire est autorisé à régler la production de l'électricité, du gaz, de la vapeur, de l'air comprimé, de la vapeur et de l'eau pour le chauffage. Il est en droit d'exiger des explications relativement à leur production, leur transport et leur utilisation. Le chancelier peut créer à ce sujet un office et est autorisé à faire punir les contrevenants aux ordres donnés par cet office, d'un emprisonnement pouvant aller jusqu'à un an et d'une amende pouvant atteindre 1 000 marks (1 250 fr) ou des deux à la fois. Ce règlement est entré en vigueur le 11 juin.

6. Dans le numéro du 5 juillet, a paru une ordonnance du commandant militaire supérieur des Marches, sur l'utilisation de l'énergie électrique, dans la ville de Berlin et la province de Braudbourg, car : « La nécessité de l'utilisation rationnelle de l'énergie électrique dont on peut disposer, rend nécessaire d'établir des prescriptions restreignant son emploi dans la mesure du possible. »

Dans ce règlement, qui est entré en vigueur le 20 juin, toute nouvelle installation électrique est interdite en principe. Cependant, dans le cas de nécessité démontrée, les centrales peuvent autoriser une installation nouvelle d'une puissance inférieure à 5 kw, à condition que l'ensemble des installations n'ait pas une puissance supérieure à 500 kw. Pour des puissances supérieures, l'autorisation ne peut être donnée que par le commandement militaire.

Digitized by Google

La consommation de l'énergie électrique ne doit pas dépasser 90 pour 100 de celle de l'année 1916.

Ces prescriptions s'appliquent également à ceux qui produisent eux-mêmes leur énergie électrique, et au besoin le commandement fera installer des appareils de contrôle.

Chose extraordinaire en Allemagne, qui certainement ne se serait pas produite avant la guerre, cette ordonnance est violemment critiquée par M. Thierbuch, dans le numéro de l'« Elektrotechnische Zeitschrift ».

7. D'après le numéro du 5 juillet de ce même journal, le ministère de la Guerre prussien a fait prendre, par l'office, une décision relative à la réquisition et au recensement des machines électriques, qui annule et complète les ordonnances précédentes. Elle s'applique :

1° Aux électromoteurs d'une puissance supérieure à 2 ch (1,5 kw) et à leurs accessoires;

2° Aux génératrices électriques de 2 kw, respectivement 2 kv-A et au-dessus et à leurs accessoires ;

3° Aux commutatrices et aux moteurs-générateurs, de 2 kw ou de 2 kv-A et plus, mesurés aux bornes secondaires ainsi qu'à leurs accessoires ;

4° Aux transformateurs de 2 kv-A et au-dessus et à leurs accessoires ;

5° Aux interrupteurs, appareils de sécurité, de démarrage et de régulation, de mesure, etc., pour une intensité de 200 A et au-dessus, en tant qu'ils ne sont pas déjà considérés comme accessoires.

Ces objets sont réquisitionnés, et il est interdit d'y apporter des modifications, et ils ne peuvent faire l'objet de transactions. Ils doivent être déclarés avant le 30 juin 1917, sur des cartes officielles de recensement à l'office de production des armes et munitions.

Les stations électriques publiques doivent adresser ces cartes au ministère de la Guerre, section des matières premières de guerre.

Le même numéro du journal allemand annonce la fondation, en Autriche, d'une union impériale des firmes d'électricité, qui s'occupera des intérêts généraux, des conditions de vente et d'achat, etc... Nos ennemis s'occupent beaucoup des conditions économiques pour le temps de paix.

8. M. F. Schmidt adresse la lettre suivante à la direction de l'« Elektrotechnische Zeitschrift », au sujet de la réduction de l'emploi de l'électricité par suite de la crise du charbon, lettre qui a été insérée dans le numéro du 16 août :

« Afin de pouvoir assurer la quantité de charbon nécessaire, pour les services indispensables, les autorités ont été amenées à ordonner la réduction de l'emploi de l'électricité. L'ordonnance relative à la ville de Berlin et la province de Brandebourg a déjà paru, et d'autres vont suivre.

» L'ordonnance relative à Berlin, interdit la construction de nouvelles installations, à moins de nécessité absolue, et réduit la consommation à 90 pour 100 de celle de l'année précédente. La réduction de la consommation doit entraîner une diminution de la consommation de charbon. Il apparaît douteux que celle-ci soit réalisée, de ce fait, et il faut soumettre ce cas à un examen approfondi.

» Comme il s'agit de réaliser une économie de charbon, on peut évidemment en excepter les usines hydro-électriques, qui ne consomment pas de charbon. Dans les centrales avec machines à vapeur, la consommation de charbon, dépend bien dans une certaine mesure de la quantité de kilowatts-heure produits. Cette dépendance est cependant très fortement influencée par la durée du facteur d'utilisation et par la durée et la valeur de la charge des machines motrices. En réduisant la demande d'énergie de 90 pour 100, on n'a pas encore fait en sorte que la consommation de charbon soit réduite de 90 pour 100. Un abonné pour force motrice, avec une utilisation annuelle de 8 000 h, provoque pour la fourniture du même nombre de kilowatts-heures, une consommation de charbon moindre, qu'un abonné pour lumière ayant une durée annuelle d'utilisation de 200 h. Dans le cas d'une faible durée d'utilisation, il est nécessaire que les chaudières soient sous pression, ce qui consomme du charbon. Une diminution de la consommation des abonnés, avec peu d'heures d'utilisation jointe à une réduction de la puissance maximum des installations desservies, entraînerait une économie plus grande de charbon et en outre diminuerait les frais de production, ce qui serait dans l'intérêt des usines d'électricité, car les pointes de consommation deviendraient plus favorables.

» Afin d'arriver à une économie de charbon aussi grande que possible, les réductions de consommation devraient être différenciées à peu près comme il est indiqué ci-après.

« a. — *Abonnés de force motrice.* — On ne pourra réduire la consommation d'électricité dans de nombreux cas, particulièrement dans les exploitations qui travaillent nuit et jour avec une charge uniforme, par exemple, les installations électrolytiques, les pompes d'exhaure des mines, etc. Dans d'autres services, il sera possible de réduire la consommation d'électricité, sans diminuer la production, en prenant des dispositions convenables, par exemple en arrêtant les moteurs dès qu'ils ne seront plus chargés, quand cela sera possible, et quand il en résultera une économie d'énergie, ce qui ne serait pas le cas, si les démarrages sous charge exigeaient une consommation importante d'énergie. Une diminution du nombre d'heures d'utilisation devrait être envisagée, d'après la puissance nécessaire. Les usines d'électricité sont influencées beaucoup plus défavorablement par les services de tramways que par les installations industrielles. Une diminution de la consommation d'électricité des tramways aurait comme résultat une diminution du trafic. Cette diminution devrait avoir lieu pendant les heures de travail des services industriels, quand le nombre des voyageurs est réduit. On pourrait ainsi mieux utiliser les chaudières et les machines des usines d'électricité et réaliser une économie proportionnellement importante de charbon. L'office de guerre devrait, suivant les cas, ordonner les réductions pour les services industriels et les tramways.

« b. — *Abonnés pour la lumière.* — On devrait pour ceux-ci exiger une réduction des installations, allant en augmentant avec leur puissance. De petits abonnés, ayant au plus quatre lampes, peuvent difficilement se rationner. Tandis qu'il n'en est pas de même pour des abonnés avec un plus grand nombre de lampes. Dans l'ordonnance, on devrait faire une distinction entre les habitations et les locaux commerciaux. On pourrait se baser sur ce que pour chaque pièce d'un logement — cuisine, entrée — une puissance de 25 w est nécessaire jusqu'à une certaine surface et allant en augmentant jusqu'à 50 w chiffre que l'on ne devrait pas dépasser pour une pièce. On devrait, d'une façon analogue, établir des règlements pour les locaux de commerce, les cafés et l'éclairage des rues. On pourrait dans ces cas, remédier un peu à la réduction de la puissance, en faisant un usage plus grand de lampes à un demi-watt. On pourrait exiger que la consommation d'électricité ne soit qu'une portion déterminée de celle des années précédentes.

» Afin d'obtenir une réduction de la consommation

Digitized by Google

d'électricité, il sera nécessaire de reviser les tarifs de beaucoup d'usines électriques. On devrait déclarer nulle, l'obligation pour un abonné de payer une somme correspondant à un certain nombre d'heures d'allumage, quelle qu'ait été sa consommation. De telles obligations ont été imposées jusqu'ici par les usines pour augmenter la consommation d'électricité. Qu'on s'imagine le cas suivant :

« Un tarif exige qu'on paie au minimum une somme représentant 200 h d'allumage, pour l'ensemble de l'installation. Un abonné ayant une puissance installée de 2 kw peut par exemple se suffire avec une consommation de 300 kw-h ; comme il doit payer $200 \times 2 = 400$ kw-h, il consomme naturellement les 100 kw-h de surplus. S'il devait réduire de 10 pour 100 sa consommation, soit consommer 40 kw-h en moins il n'en consommerait pas moins 60 kw-h qui pourront être épargnés. Il devrait réduire de 10 pour 100, le nombre de kilowatts-heure qu'il aurait consommés réellement, si la condition de consommation minimum n'existait pas, c'est-à-dire qu'il ne devrait consommer que 270 kw-h mais réellement il consomme inutilement 90 kw-h, soit 33 1/2 pour 100 en trop. On arriverait, en annulant ces conditions, à une économie sensible de la consommation de certains abonnés.

» Beaucoup d'usines ont des abonnés à forfait sans compteurs. Ces abonnés ne peuvent être atteints par la réduction ordonnée de 10 pour 100. Si l'on ordonnait la réduction du nombre de foyers lumineux, cela n'aurait pas pour les abonnés à forfait les mêmes conséquences que pour les abonnés au compteur, car les premiers ont déjà réduit autant que possible le nombre de leurs foyers ; dans certains cas, on ne pourrait obtenir une réduction de la consommation en forçant à employer des lampes à forfait de moindre consommation. La chose est plus désagréable pour les abonnés de force motrice à forfait, comme il en existe d'après les statistiques. Comme il s'agit là d'usines peu nombreuses, situées la plupart dans des districts agricoles, on devrait chercher un moyen de réduire la consommation suivant les conditions particulières.

» Pour les centrales intercommunales (Ueberlandzentralen) desservant principalement des contrées agricoles, on devrait chercher à réglementer le battage, de manière que celui-ci se fasse successivement dans les diverses localités. De tels règlements devraient être établis d'accord avec les centrales et les autorités.

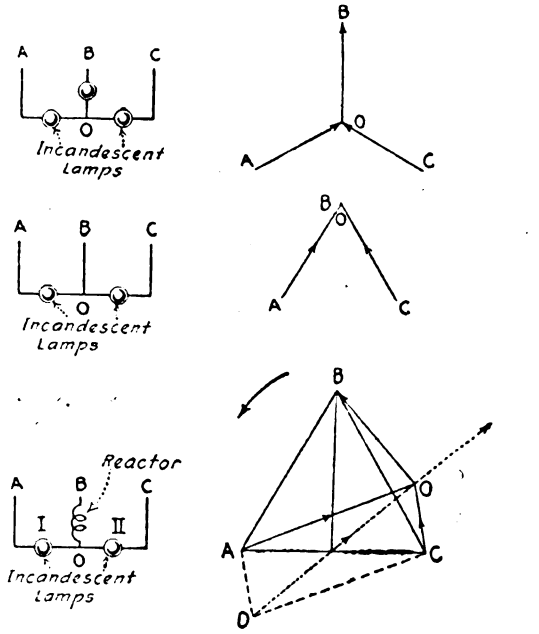
» La réduction de la consommation d'électricité aura comme résultat une diminution importante des recettes, qui ne sera pas compensée par les économies de charbon, de graissage, etc. tandis que les dépenses pour les intérêts, amortissements, assurances, etc. resteront les mêmes. Les usines sont donc obligées d'augmenter les prix de l'énergie électrique, elles ne peuvent le faire partout, car il y peut y avoir des clauses de leurs concessions qui s'y opposent. Les règlements pour la réduction de la consommation d'électricité devraient autoriser à élever leur prix de vente pendant la durée de la réduction, malgré les clauses contraires et cela avec l'approbation de l'office de guerre. »

F. Loppé.

Notes pratiques

Détermination simple de la rotation de phase [1]. — En connectant 2 lampes à incandescence et une bobine de réaction (ou un condensateur) en étoile, la rotation de phase d'un système bi ou triphasé peut être déterminée par l'observation des éclats relatifs des lampes. Par exemple, si les lampes et la bobine sont connectées dans un système triphasé, comme le montre la figure, la faiblesse d'éclat relative de la lampe II indiquera que la phase tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, tandis qu'une réduction de l'éclat de la lampe I indiquera une rotation opposée. Si on remplace la bobine par un condensateur, l'obscurcissement de la lampe I indiquera, contrairement au cas précédent, une rotation inverse des aiguilles d'une montre. Quand on a souvent besoin de reconnaître le sens de rotation, comme c'est le cas lorsqu'on doit connecter de nombreux câbles à des moteurs ou à des transformateurs, on peut monter les lampes et la bobine à demeure.

Le phénomène peut s'expliquer par la considération des vecteurs. Supposons 3 résistances égales connectées en étoile, les vecteurs représentant les différences de potentiel seront égaux et feront entre eux des angles de 120°. Si on réduit la résistance d'un circuit, le vecteur représentant la tension à travers cette résistance diminuera ; les deux autres vecteurs augmenteront tout en diminuant leur angle. Allons à la limite, supposons qu'on supprime toute résistance dans une des branches de l'étoile ; les vecteurs restants prendront la position AO, CO, indiquée par la figure du milieu. Si on insère une réactance dans une branche et deux fortes résistances dans les deux autres, l'intersection des vecteurs ne se fera pas sur une médiane ; en d'autres termes, le lieu de O sera un cercle dont le diamètre se trouve sur une médiane du triangle A, B, C. Ainsi, la différence de potentiel aux bornes d'une lampe augmentera, tandis qu'elle diminuera aux bornes de l'autre lampe. La portion du cercle que l'intersection des vecteurs suivra et, par conséquent, l'éclat relatif des lampes, dépendront de la rotation de phase. — P. V.



Schémas de montages de lampes et phases de représentation graphique.

(1) T.-W. Varley, *Electrical World*, 10 mars 1917, t. LXIX, p. 466, 600 mots, 1 fig.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Sur la formation des ingénieurs électriciens

A propos de l'article « La spécialisation industrielle des ingénieurs » de M. E. Piernet, publié dans la « R. G. E. » du 24 novembre 1917, t. II, p. 819, un de nos abonnés, M. Chenaille, nous adresse les quelques remarques ci-dessous sur la formation des ingénieurs dans les Ecoles techniques supérieures allemandes (Technische Hochschule). Ces remarques tirent leur intérêt du fait que M. Chenaille, après avoir terminé ses études secondaires dans un lycée de Berlin, est resté pendant trois ans, jusqu'en juillet 1914, à la Technische Hochschule de cette ville et a pu ainsi se rendre compte par lui-même de tous les détails d'organisation de cette école. Cette organisation est d'ailleurs celle des autres Technische Hochschule, toutes ces écoles, étant équivalentes au point que l'étudiant peut — et il fait un large usage de cette faculté — changer d'école pendant ses études, sans aucun préjudice pour lui, les « semestres » passés dans l'une étant reconnus comme valables par les autres.

I. — Les Technische Hochschule allemandes (Berlin, Munich, Dresde, Stuttgart, Breslau, Danzig, Hanovre, Darmstadt, Brunswick, Aix-la-Chapelle, Karlsruhe) forment entièrement l'ingénieur — exception faite de l'année de travail pratique, sur laquelle je reviendrai.

L'admission comme étudiant a lieu sur la présentation du certificat de maturité (analogue à notre baccalauréat).

Aucune inscription à l'Université n'est exigée. Quelques étudiants, surtout ceux de la section de chimie, suivent pour leur satisfaction personnelle quelques cours dans une université, quand il y en a une à proximité.

Elles ont toutes 3 à 5 sections. Ces sections sont :

Architektur,	architecture ;
Hoch und Tiefbau,	ponts et chaussées ;
Maschinenbau,	mécanique, électricité :
Schiffsbau und	constructions et
Schiffsmaschinenbau,	machines navales ;
Chemie und Hüttenkunde,	chimie et métallurgie.

Certaines écoles ont même 6 sections, la chimie industrielle étant entièrement séparée de la métallurgie.

La durée des études est officiellement de quatre ans, plus un an de travail pratique. Au bout de deux ans, l'élève passe son premier examen « Voringenieurprüfung » et à la fin, quand les études et le travail pratique sont terminés, le second et le dernier examen « Hauptingenieurprüfung », qui lui confère le titre de « Diplomingenieur » (1). Quand il appartient à une des deux premières sections, il reçoit le titre de « Baumeister » (Regierungsbaumeister, quand il est employé par l'État).

En réalité, la durée des études a été fixée il y a une vingtaine d'années ; les programmes ayant considérablement augmenté, il faut compter plutôt cinq années, plus l'année de travail pratique.

Celui qui désire être appelé « Herr Doktor » doit, après avoir obtenu son certificat de Diplomingenieur, préparer une thèse et passer un examen (durée de l'ensemble, six mois à un an) qui lui confèrent le titre de Dr. Ing.

Les élèves qui veulent se spécialiser dans la mécanique ou l'électricité entrent dans la section « Maschinenbau ».

Pendant les deux premières années, ils suivent les mêmes cours et font, à peu de choses près, les mêmes essais de laboratoire et les mêmes projets. Les cours sont les suivants :

Mathématique.
Physique et chimie.
Géométrie descriptive et graphostatique.
Mécanique.
Technologie et métallurgie.
Eléments de machines.
Electrotechnique générale.
Economie sociale et politique.

Après ces deux années, ils passent leur « Voringenieurprüfung » et se séparent : mécanique d'un côté, électricité de l'autre côté.

La spécialisation ne se fait donc que dans la deuxième partie des études ; mais elle devient de plus en plus prononcée. En effet, l'électricien, par exemple, se consacre soit à l'étude de la « grosse partie » (Starkstrom, courant fort), soit à l'étude de la « petite partie » (Schwach-

(1) Le seul titre officiellement reconnu et protégé, en Allemagne, est celui de *Diplomingenieur* obtenu dans les conditions indiquées ci-dessus.

Les élèves sortant d'écoles techniques subalternes, technikums, se donnent le titre de *diplomierter ingenieur* pour donner le change, mais tout le monde peut s'appeler ainsi.

Digitized by Google

strom, courant faible) ; le programme prévoit, en conséquence, deux genres d'examen final.

II. — J'ajouterai quelques mots à la description un peu succincte que je viens de donner, afin de mieux faire comprendre ce que sont les Technische Hochschule allemandes.

Je me crois autorisé à faire cette addition parce que ces écoles sont peu connues des Français (des 3 000 étudiants de la Technische Hochschule de Berlin, j'étais le seul Français et le premier depuis plusieurs années), et qu'il est utile de connaître les écoles étrangères au moment où il existe un mouvement tendant à organiser ou réorganiser notre enseignement technique supérieur.

Les Technische Hochschule sont de véritables corps universitaires autonomes, dépendant directement du ministre de l'Instruction publique.

Elles sont universelles au point de vue du programme : leurs conférences, laboratoires, salles d'essais contiennent tout ce qui est nécessaire à la formation de l'ingénieur ; en dehors des cours sur les sujets essentiels, il y en a d'autres sur le droit, le commerce, les langues vivantes, etc., etc., faits par des professeurs ou par des Privatdozenten.

Leurs moyens sont considérables et proviennent de ressources officielles et particulières. Les ressources officielles étant :

1° Les crédits, assez importants, alloués par le ministre ;

2° Les frais d'inscription des étudiants ;

3° Les essais, expertises, etc., faits par les écoles.

Les ressources particulières étant les dons :

1° En argent (le laboratoire de machines de la Technische Hochschule Berlin a reçu, quelque temps avant mon arrivée, un don de cent mille marks).

2° En produits, machines, etc. La plupart de ces dons sont faits dans un but de réclame par les industriels. Mais si les machines portent un grand panneau indiquant l'usine qui est en même temps la donatrice, elles sortent ordinairement de très bonnes séries et ont souvent une puissance considérable (au laboratoire des machines de la Technische Hochschule de Berlin, les turbines, machines à vapeur et moteurs à gaz représentaient plusieurs milliers de chevaux), de sorte qu'après les avoir essayées, l'élève connaît des machines de types courants, telles qu'il en rencontrera dans l'industrie.

Les études sont essentiellement pratiques :

1° Les professeurs sont des ingénieurs intimement liés à l'industrie. Beaucoup y occupent une haute situation et exercent leur professorat simultanément. Les autres travaillent pour l'industrie soit comme ingénieurs-conseil, soit pour des expertises, soit pour diriger la réalisation de leurs brevets, etc.

2° Les élèves doivent faire un an de travail pratique dans les usines, comme simples ouvriers, avant de se présenter à l'examen final.

3° Les programmes sont officiellement libres et l'étudiant peut suivre tous les cours de toutes les sections qui lui plaisent. En réalité, comme en se présentant aux examens il faut être muni d'un nombre considérable de projets, de procès-verbaux, etc., l'étudiant qui veut faire ses études en quatre à cinq ans, doit ne pas disperser ses efforts et travailler du matin au soir. Il passe environ la moitié de son temps à sa table de dessin — à la composition et correction de ses projets — et l'autre moitié aux laboratoires et conférences.

4° Les examens portent sur des sujets purement industriels.

III. — Telles sont, à mon avis, les qualités caractéristiques des Technische Hochschule allemandes.

Elles ne sont pas parfaites. On peut leur reprocher, par exemple, que le nombre d'étudiants étant considérable, chacun se trouve un peu noyé dans la masse ; le professeur reste loin d'eux et est souvent trop absorbé par ses travaux industriels. C'est surtout les « assistents » qui s'en occupent. Or, ces assistents sont souvent de maigre valeur étant, dans bien des cas, de jeunes Diplomingenieur qui n'ont pas trouvé de situation à la fin de leurs études et qui n'attendent que l'occasion d'entrer dans l'industrie.

Malgré tout, elles constituent un type d'école technique supérieur de premier ordre qui pourrait être imité en plusieurs points.

M. Chenaille,
Lieutenant au 8e génie.

Assemblées générales

Compagnie générale d'Électricité.

Assemblées générales extraordinaires des 5 février et 20 décembre 1917.

L'assemblée générale extraordinaire du 15 février a prorogé la durée de la Société en la fixant à 99 ans à compter du 1er janvier 1917, et a apporté aux statuts quelques modifications pour les mettre en harmonie avec la législation actuelle. Le même jour une deuxième assemblée a constaté la réalisation de l'augmentation du capital qui a été porté de 25 millions à 35 millions de francs.

Le 20 décembre, ont été tenues une assemblée générale ordinaire et à la suite une assemblée extraordinaire qui a ratifié les décisions prises le 15 février.

D'après le rapport présenté à l'assemblée ordinaire les résultats de l'exercice 1916-1917 ont été satisfaisants dans les établissements industriels de la Compagnie travaillant

Digitized by Google

pour la Défense nationale, mais l'exploitation est déficitaire dans la plupart des entreprises de distribution par suite de l'augmentation des prix des combustibles et des matières premières.

Au cours de l'exercice, la Compagnie a décidé la création de deux nouveaux établissements, l'un pour la fabrication et le chargement de la grenade à fusil VB, l'autre pour la fabrication de tubes en acier; sur la demande du ministère de l'Armement, une aciérie Martin et des laminoirs seront adjoints à ce dernier.

La première usine, déjà en fonctionnement, est située à Saint-Jean-de-Braye, près Orléans, à proximité du canal d'Orléans à Montargis et est reliée au chemin de fer.

L'aciérie, les laminoirs et la fabrique de tubes seront établis à Vincey (Vosges) à côté de l'usine génératrice de la filiale, la Compagnie lorraine d'Électricité qui fournira la force motrice; les terrains sont longés par la Moselle, le canal de la Marne au Rhin et reliés au chemin de fer. La mise en service est prévue pour le milieu de 1918.

La Manufacture générale de Munitions, créée en 1916, à Bordeaux, de compte à demi avec les Tréfileries et Laminoirs du Havre, a dû être agrandie de manière à doubler sa capacité de production pour satisfaire aux demandes de l'État.

Le rapport signale encore que la Compagnie a pris part à l'augmentation du capital de la Société électrométallurgique française de Froges.

Par contre, la Compagnie a cédé les ateliers de petite construction mécanique de Courbevoie.

Parmi les entreprises de distribution auxquelles la Compagnie est intéressée, la plus éprouvée par la guerre est la *Compagnie lorraine d'Electricité*. Grâce au fonds de réserve que celle-ci possédait en 1914, 4500000 fr d'espèces et un stock de 21000 t de charbon, elle a pu, à l'aide de ses banquiers, atteindre la fin de 1916 sans faire appel à ses actionnaires.

En janvier et mars 1917, le capital social a été réduit de 15000000 fr à 6000000 fr, ce qui a entraîné pour la Compagnie générale d'Électricité une dépréciation de 8328000 fr de son portefeuille-titres. Puis le capital a été augmenté de 4000000 fr, ce qui le porte à 10 millions.

Un nouveau groupe générateur de 10000 kw va être installé pour répondre aux besoins de la nouvelle clientèle de force motrice.

La *Compagnie d'Électricité de Marseille* a réalisé un bénéfice de 1852390 fr en plus-value de 88667 fr sur celui de l'année dernière. Un dividende de 25 fr a été fixé par action.

L'*Energia electrica de Cataluna* poursuit son exploitation d'une manière satisfaisante malgré les troubles politiques. En 1914, elle a vendu 49599000 kw-h, en 1916, 85594000 kw-h.

A l'usine hydro électrique de Capdella un nouveau groupe électrogène a porté la puissance à 40000 ch, de sorte que la Société dispose aujourd'hui d'une disponibilité annuelle de 100000000 kw-h.

Possédant les meilleures chutes des Pyrénées sur le versant espagnol, chutes d'une puissance globale de 100000 ch, la Société procède actuellement à l'aménagement d'une chute de 24000 ch sur le moyen Flamisell.

Elle s'est assurée par contrat l'aménagement sur le bas Flamisell d'une chute de même puissance. Ces 48000 ch lui fourniront une seconde disponibilité annuelle de 100000000 kw-h. Les travaux en cours seront achevés, pour les premiers, d'ici un an, pour les seconds, avant deux années.

La station génératrice à vapeur de San Adrian, près Barcelone, sera alors l'usine de pointes et de secours, ce qui diminuera considérablement les dépenses d'exploitation.

Les dépenses de premier établissement de la Compagnie générale d'Électricité figurent cette année pour 4861031 fr, comprenant des achats de terrains, des constructions et du matériel ainsi que l'immeuble du 10, rue de la Baume, acheté depuis plusieurs années, mais dont la prise de possession n'a eu lieu qu'en avril 1917.

La perte éprouvée sur les actions de la Compagnie lorraine d'Électricité a été légèrement compensée par la cession d'actions d'une des entreprises de la Société à l'étranger.

Le solde bénéficiaire s'élève à 4068596 fr, en augmentation de 576318 fr sur l'exercice précédent. Les bénéfices disponibles sont de 5150444,84 fr, en ajoutant le reliquat de 1915-1916.

Le solde à reporter à nouveau est fixé à 1205487,89 fr, après prélèvement des amortissements, réserves et répartition des bénéfices.

Le dividende est maintenu à 10 pour 100, soit 50 fr pour les actions anciennes dont 25 fr payables de suite, et 25 fr au 15 juin prochain, en même temps que le coupon de 25 fr des actions nouvelles qui n'ont droit qu'à la moitié du dividende.

Bilan au 30 juin 1917.

Actif.

	fr
Terrains, immeubles, constructions et matériel. Concessions et clientèle	17 861 304,20
Dépenses de l'exercice	4 861 031,02
Caisse, banquiers et bons de la Défense nationale	6 846 168,94
Effets à recevoir	4 355 481,47
Débiteurs divers	55 976 764,50
Comptes courants des filiales et participations.	31 527 541,25
Produits fabriqués	2 188 242,70
Matières premières. Produits en cours de fabrication et approvisionnements divers	21 016 723,04
Titres et participations	50 741 066,49
Opérations de change garanties	9 265 000 »
Apports, brevets, frais de constitution, etc.	4 »
Prime de remboursement des obligations 6 %	500 000 »
	205 139 327,61

Passif.

	fr
Capital actions	35 000 000 »
Reserve légale	2 500 000 »
Réserve générale	7 083 000 »
Réserve supplémentaire	19 850 000 »
Fonds spécial	4 000 000 »
Obligations 4 pour 100	22 309 500 »
Obligations 6 pour 100	25 000 000 »
Effets à payer, créditeurs divers, provisions et comptes d'ordre	68 700 724,53
Coupons à payer, obligations à rembourser	2 975 094,24
Comptes courants des filiales et participations.	3 305 564 »
Opérations de change garanties	9 265 000 »
Bénéfices nets de l'exercice 1916-1917	4 068 596,46
Reliquat de l'exercice précédent	1 081 848,38
	205 139 327,61

Digitized by Google

Sud électrique.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 17 DÉCEMBRE 1917.

Les recettes, pendant cet exercice, sont en augmentation; celle-ci provient, non seulement des fournitures d'énergie à des industries travaillant pour la Défense nationale, mais aussi d'une augmentation de l'activité normale de l'industrie et de l'agriculture dans les régions desservies par la Société.

En février 1917, un moteur à combustion interne de 1500 ch a été mis en service à Avignon, assurant ainsi la sécurité de l'exploitation et complétant les sources différentes d'énergie. La presque totalité du courant a été fournie par l'Energie électrique du Littoral méditerranéen, par la Société d'Électricité de la Vallée du Rhône et par la Société des Forces motrices de la Vis, cette dernière exploitée par la Société elle-même.

Ces sources devenant elles-mêmes insuffisantes, la Société a commencé les travaux d'aménagement de la chute de la Haute-Vis dont elle avait acquis les droits peu de temps avant la guerre.

Cette chute a une puissance moyenne de 1000 kw. L'usine comprendra trois groupes de 500 kw; elle est située à la prise d'eau même de la chute actuelle de la Vis.

L'aménagement de cette chute améliorera, en outre, le débit du canal d'amenée de la chute de la Vis. La Société espère que ces installations pourront être mises en marche vers la fin de 1918.

La Société des Forces motrices de la Vis procède, de son côté, à un agrandissement de son réservoir de Madières.

La Société a acquis trois nouvelles concessions dans le Gard : Remoulins, Sernhac et Saint-Bonnet, exploitées autrefois par « l'Etincelle du Gard ». Elle a mis en service quatre nouvelles concessions : dans l'Hérault, Saint-Georges d'Orques; dans le Gard : Remoulins, Sernhac et Saint-Bonnet.

Les concessions acquises et non encore exploitées sont au nombre de 15 : 8 dans le Gard, 5 dans l'Hérault et 2 dans le Vaucluse. Le nombre des concessions en service est de 157; 181 communes sont alimentées par la Société, formant un total de 407 000 habitants.

La longueur des lignes primaires, comprenant des lignes à 3000, 5000, 13000 et 30000 v, est de 1211 km, en augmentation pour l'année de 69 km, celle des lignes secondaires est de 396 km, en augmentation de 6 km.

La Société dessert 24672 abonnés représentant 234480 lampes et 3463 moteurs d'une puissance de 10639 kw, soit une puissance totale installée d'environ 20020 kw contre 19050 kw en 1916.

Les recettes de l'exercice accusent une plus-value de 613625,59 fr sur l'exercice précédent.

Le solde de l'exercice s'élève à 696520,02 fr, en augmentation de 177350,05 fr sur celui de 1916.

Sur ce solde, 150000 fr sont versés à la réserve d'amortissement, 5 pour 100 à la réserve légale.

La Société décide de distribuer un dividende de 5 pour 100 aux actions de priorité et 5 pour 100 aux actions ordinaires.

Le solde à reporter à nouveau est de 36812,60 fr.

BILAN AU 30 JUIN 1917.

Actif.

		fr
Frais de constitution et augmentation du capital.		1 »
Dépenses générales de premier établissement (concessions, usines, réseaux, etc.)		20 653 893,13
Forces motrices de la Vis		1 719 928,75
Chute Haute-Vis		372 101,45
Mobilier, outillage et moyens de transport		1 »
Compteurs et installations en location		687 367,95
Approvisionnements		384 544,20
Portefeuille		2 123 251 »
Caisses, banques et bons de la Défense nationale		2 398 767,63
Débiteurs divers et effets à recevoir		527 681,64
Cautionnements		15 050 »
Prime de remboursement des obligations		508 835 »
Impôt sur le revenu et droits de transmission (actions de priorité)		28 372,97
Droits de transmission (actions ordinaires)		11 976,11
Avances sur travaux en cours		28 193,80
		29 459 965,63

Passif.

		fr
Capital :		
39500 actions de priorité de 250 fr chacune	9 875 000	
4500 actions ordinaires de 250 fr chacune	1 125 000	11 000 000 »
Obligations 5 pour 100 (ancienne série)		624 000 »
Obligations 5 pour 100 (nouvelle série)		9 802 000 »
Bons 6 pour 100		5 000 000 »
Réserve légale		79 062,69
Réserve générale d'amortissements		600 000 »
Réserve d'amortissement par remboursement d'obligations		242 905 »
Fournisseurs et créanciers divers		711 467 »
Coupons actions restant à payer		12 636,72
Obligations à rembourser, coupons d'obligations et bons échus		389 936,18
Compte d'ordre		233 319,42
Profits et pertes reportés	67 616,60	
Profits et pertes de l'exercice	696 520,02	764 138,62
		29 459 965,63

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, réglementation

Décret portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des voies ferrées d'intérêt local et d'intérêt général.

Le « Journal officiel » du 18 novembre 1918 publie, p. 9256, un décret portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des voies ferrées d'intérêt local et d'intérêt général pris par le ministre des Travaux publics et des Transports le 11 novembre 1917.

Ce règlement que nous ne publions pas, faute de place, est destiné à remplacer à la fois l'ordonnance du 15 novembre 1846 modifiée par décret du 1er mars 1901 sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer et le décret du 16 juillet 1907 réglant la construction et l'exploitation des voies ferrées d'intérêt local établies sur le sol des voies publiques.

La loi du 11 juin 1880 avait établi une distinction entre les chemins de fer d'intérêt local et les tramways. Cette distinction était arbitraire, une même ligne pouvant être établie partie sur plate-forme indépendante, partie sur la voie publique. La loi du 31 juillet 1913 a placé toutes les voies ferrées d'intérêt local dans une même catégorie soumise à la loi du 15 juillet 1845, sauf dérogations nécessaires pour les sections établies sur la voie publique.

Jusqu'ici, pour les chemins de fer, l'ordonnance du 15 novembre 1846 était restée en vigueur et avait simplement été légèrement modifiée par le décret du 1er mars 1901 ; pour les tramways, c'était le règlement d'administration publique du 6 août 1881, modifié par le décret du 16 juillet 1907 qui édictait les dispositions correspondantes. C'est pour répondre aux intentions du législateur de 1913 qu'une Commission interministérielle a préparé la fusion de ces différents textes.

Le nouveau règlement comprend des dispositions générales concernant toutes les voies ferrées et des règles spéciales aux sections empruntant les voies publiques et parcourues par des trains faisant le même service que ceux des lignes secondaires des chemins de fer.

Une réglementation toute différente a été rédigée pour les tramways urbains ou suburbains qui ne font que le service des voyageurs et parfois des messageries au moyen d'automotrices ou de trains légers et fréquents.

Toutefois l'article 100 du nouveau décret décide que les concessions de tramways antérieures à sa publication resteraient soumises aux décrets de 1881 et de 1907 jusqu'au jour où on remaniera les contrats qui les régissent, ce qui permettra de les soumettre au nouveau régime.

Le titre premier du décret : *Dispositions générales*, définit les cas d'application des divers régimes indiqués ci-dessus, spécifie que la traction électrique donne lieu à des règles particulières (art. 1er) et indique qu'un décret ultérieur statuera en ce qui concerne les voies ferrées des quais des ports maritimes ou fluviaux, pour lesquels un régime particulier est aussi nécessaire.

L'article 5 spécifie également que tous les droits reconnus aux Compagnies par les titres suivants incombent ou appartiennent à l'administration exploitante, en cas de régie.

Les autres dispositions du titre premier ne font que reproduire des dispositions déjà en vigueur.

Le titre II est intitulé : *Des gares et des voies* et renferme les articles relatifs aux conditions de l'emprunt des voies publiques par les voies ferrées d'intérêt local.

La voie ferrée doit supporter, sans indemnité, les gênes et même les interruptions de circulation résultant de l'usage normal de la voie publique empruntée, de son entretien, des modifications nécessaires dans son aménagement (art. 7 et 8), de même que l'autorité de qui relève cette voie supporte sans indemnité les gênes causées par la présence des rails. Mais s'il y a modification ou suppression définitive (art. 9), ou si on impose à l'exploitant de la voie ferrée le rétablissement des communications pendant une interruption temporaire (art. 8), il a droit en principe à une indemnité, toutefois une dérogation à cette règle peut résulter de l'acte de concession.

En ce qui concerne la pose des voies et l'entretien, le nouveau texte précise les droits de l'autorité de qui relève la voie empruntée, si ce n'est pas elle qui fait la concession. La loi de 1913 subordonne la désignation de l'autorité concédante au caractère du service (national, départemental, municipal ou intercommunal) et non à celui des voies occupées par les rails. Il est bon, cependant, de réserver les droits de l'autorité dont les voies peuvent être empruntées, parfois malgré elle, pour un service étranger. Quand la voie empruntée relève de l'autorité concédante, les conditions d'entretien font partie de l'accord financier intervenu entre elle et son concessionnaire ; elles peuvent parfois équivaloir, soit à une subvention, soit inversement à une sorte de contribution imposée à la voie ferrée selon les perspectives de trafic envisagées.

Quand la voie empruntée relève d'une autorité autre que celle qui signe le contrat, les conditions de l'entretien sont réglées par le décret réglementaire, et il ne peut être dérogé aux prescriptions générales ainsi établies qu'avec l'assentiment de l'administration dont on occupe les voies (art. 13). De même, les dérogations à la règle qui exige la pose de rails à gorge ou de contre-rails, dans les sections restant accessibles aux voitures ordinaires, sont subordonnées à l'assentiment de l'autorité de qui relève la voie empruntée et qui a mission de défendre les intérêts de la circulation ordinaire (art. 11).

Les titres III, *Du matériel employé à l'exploitation*; IV, *De la composition des trains*; V, *Du départ, de la circulation et de l'arrivée des trains*; VI, *De la perception des taxes et des frais accessoires*, font fusionner les dispositions contenues dans l'ordonnance de 1846 modifiée en 1901 et dans le décret de 1907.

Digitized by Google

Le titre VII, *Police et surveillance*, contient certaines innovations importantes. Le contrôle des lignes d'intérêt général est fixé (art. 70) par des règlements d'administration publique conformément au principe posé par la loi du 27 février 1850. Pour les lignes d'intérêt local, l'article 2 du nouveau décret spécifie que les attributions conférées par tous les autres articles au ministre, qui les exerce directement pour les réseaux d'intérêt général, sont exercées par le préfet, à moins de dispositions contraires.

D'après la loi de 1913, le préfet exerce le contrôle sous l'autorité du ministre des Travaux publics et des Transports, mais la loi nouvelle oblige, en quelque sorte, le ministre à exercer cette autorité, même en dehors des cas où les intéressés recourent à lui comme au supérieur hiérarchique du préfet, puisqu'elle prévoit l'institution d'un contrôle central, relevant directement de lui, qui n'existait pas jusqu'ici. L'article 71 décide que des arrêtés préfectoraux, précédés de l'avis de l'assemblée de qui émane la concession et soumis à l'approbation du ministre, organiseront le contrôle. Pour les concessions municipales, l'arrêté préfectoral réglera les cas où l'avis du maire ou du président du syndicat des communes devra être demandé avant qu'une décision intervienne. L'article 72 du décret énumère les attributions générales que doit exercer tout service de contrôle.

L'article 77 (ancien article 57 de l'ordonnance de 1846 modifiée en 1901 et ancien article 57 du décret de 1907) contient des injonctions s'adressant à toutes les personnes étrangères au service de la voie ferrée. Les règles qu'il pose pour assurer la sécurité et la régularité de la circulation sont, pour la plupart, applicables aux agents des chemins de fer aussi bien qu'au public. Le nouveau texte indique que les interdictions ont un caractère général, sauf bien entendu en ce qui concerne les manœuvres effectuées par le personnel qualifié dans l'exercice de ses fonctions. On a prévu le cas des voies posées sur une plate-forme indépendante et celui des voies ferrées établies sur la voie publique. Un paragraphe nouveau assure la protection des lignes de transport ou de distribution d'énergie auxquelles la traction électrique donne aujourd'hui une si grande extension.

L'article 78 (ancien 58) contient les règles relatives aux voyageurs, il a été modifié conformément aux besoins nouveaux.

Le titre VIII, *Dispositions diverses*, renferme (article 86) le texte de l'ancien article 65 ajouté en 1901 à l'ordonnance de 1846 et destiné à armer le ministre des pouvoirs nécessaires pour obliger les compagnies à accroître leurs moyens d'action quand ils ne suffisent plus à assurer le service dans les conditions réglementaires en temps normal.

L'ancien texte ne s'appliquait qu'aux chemins de fer, le nouveau s'applique également aux anciens tramways dont le service est identique à celui des chemins de fer. Pour les tramways urbains, l'article 87 spécifie que l'obligation de transporter tous les voyageurs est limitée pour eux par les dispositions des règlements de police et par celles des cahiers des charges qui définissent le service à assurer.

Enfin, l'article 90 contient une disposition nouvelle, inspirée par les règles générales introduites dans la réglementation du travail pour empêcher la consommation de l'alcool de se développer dans les ateliers. L'alcoolisme étant particulièrement redoutable dans les services de chemins de fer, on a interdit dans les chemins de fer, comme cela avait été fait dans les ateliers, d'introduire et de vendre des boissons alcooliques destinées aux agents, en dehors des boissons hygiéniques dont la consommation sera elle-même réglementée.

Telles sont dans leur ensemble les principales dispositions du nouveau règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des voies ferrées d'intérêt général; les autres dispositions sont celles de l'ordonnance de 1846, modifiée en 1901, et celles du décret de 1907 qui ont été confondues et adaptées aux conditions nouvelles de l'exploitation des chemins de fer.

Décret portant règlement d'administration publique en exécution de la loi du 13 mars 1917, relative à l'organisation du crédit au petit et au moyen commerce, à la petite et à la moyenne industrie.

Le « Journal officiel » du 15 février 1918 publie (p. 1601) un décret en date du 31 janvier 1918 portant règlement d'administration publique sur l'organisation du crédit au petit et au moyen commerce, à la petite et à la moyenne industrie.

Le décret est divisé en trois chapitres. Le premier chapitre traite des « dispositions concernant l'organisation des banques populaires et des sociétés de caution mutuelle ». L'article premier applique aux banques populaires les dispositions de l'article 2 de la loi du 13 mars 1917 en vertu desquelles les statuts des sociétés de caution mutuelle déterminent le siège et le mode d'administration de la société, les conditions nécessaires à la modification des statuts et à la dissolution de la société, la composition du capital et la proportion dans laquelle chacun des membres contribue à sa constitution. De plus, les statuts devront spécifier la durée de la société et la circonscription territoriale à laquelle s'étendent des opérations, le nombre des voix dont dispose chaque sociétaire dans les assemblées générales eu égard au nombre des parts dont il est titulaire, et le nombre maximum de voix qu'il peut avoir, quel que soit ce nombre de parts. Les statuts de chaque banque déterminent également les opérations qu'elle fera, et indiquent si elle en réserve le bénéfice aux seuls sociétaires.

L'article 2 dispose que les parts des sociétaires sont toujours nominatives; que lorsqu'elles sont négociables elles ne peuvent être transférées qu'avec l'agrément du conseil d'administration, et que, lorsque la banque populaire est une société à capital variable, les statuts doivent déterminer sous quelles conditions les sociétaires peuvent se retirer de la société, obtenir le remboursement de leurs parts et être libérés de leurs engagements.

Le chapitre II traite de « l'instruction des demandes d'avances adressées à l'État ». L'article 3 fixe les conditions dans lesquelles doivent se faire ces demandes d'avance. L'article 4 détermine les pièces qui doivent accompagner la demande. L'article 5 soumet à l'enquête la demande d'avances.

Le chapitre III, articles 6 à 11, traite de l' « Attribution, renouvellement et remboursement des avances de l'État » et place les agents de l'enregistrement chargés des vérifications sous l'autorité du ministre du Commerce et de l'Industrie et du ministre des Finances.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 9. — 2 MARS 1918.

Chronique. — Sur l'utilité, au point de vue économique, de la substitution de transformateurs de grande puissance à un plus grand nombre de transformateurs de petite puissance. — Conférences du Conservatoire national des Arts et Métiers. — Société de chimie industrielle. — Bibliographie : Conditions et essais de réception des métaux. — « La Technique moderne », p. 313-314.

Section scientifique et technique. — Puissance active et puissance réactive, par J.-B. POMEY, p. 315. — Revues, analyses et informations : Mesure des pertes diélectriques des isolants, p. 319; Accroissement de pression dans le phénomène des couronnes, p. 327; Étude sur les transformateurs de traction, 328.

Section industrielle. — Des transports aériens pour la manutention des matières premières dans l'industrie (*suite et fin*), par F. SÉBA, p. 329. — Notes pratiques : Appareil indicateur de la rotation de phase de construction facile, p. 342; Extracteur de vis, p. 342.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Les Exploitations électriques, p. 343.

Erratum, p. 344.

Sur l'utilité, au point de vue économique, de la substitution de transformateurs de grande puissance à un plus grand nombre de transformateurs de petite puissance. — Bien que jusqu'ici nous n'ayons, malgré de réelles difficultés d'approvisionnement, manqué d'aucune des matières premières vraiment essentielles et que, sous ce rapport, nous soyons infiniment mieux partagés que nos ennemis, il n'en est pas moins indispensable de chercher à économiser le plus possible quelques-unes de ces matières. Dans la construction électrotechnique il conviendrait particulièrement de restreindre l'emploi des tôles spéciales pour transformateurs à faibles pertes par hystérésis et courant de Foucault. Un de nos lecteurs, ingénieur dans une de nos grandes sociétés de constructions électriques, nous adresse à ce sujet la note ci-dessous :

« Actuellement, la France construit une quantité énorme de transformateurs, lesquels, pour la plupart, travaillent à pleine charge étant affectés aux fabrications de guerre qui ne chôment pas. Les constructeurs manquant de tôles spéciales pour transformateurs se trouveront probablement, à bref échéance, dans l'obligation de substituer à ces tôles à faibles pertes par hystérésis et courants de Foucault, d'autres plus ordinaires, à fortes pertes. — Cette substitution entraînera : soit un poids de cuivre plus grand, soit de pertes totales plus grandes, pertes qui conduiront à l'emploi d'une cuve plus grande et à un poids d'huile plus considérable *en cas de transformateurs à refroidissement naturel.*

» Or, non seulement l'une et l'autre solutions sont coûteuses, mais encore le cuivre et l'huile peuvent également nous faire défaut bientôt. Dès lors on voit que l'on reste dans un cercle vicieux en substituant simplement une qualité inférieure de tôles à une qualité supérieure.

» Le seul moyen d'arriver à une solution économique, consisterait à n'utiliser *que de grands transformateurs à refroidissement intensifié* en remplacement de petits ou moyens transformateurs marchant en parallèle et à refroidissement naturel. — La plus faible puissance pour une fréquence de 50 p : sec pourrait déjà atteindre 500 kv-a.

» Les usines de guerre travaillant à pleine charge, le fait d'avoir des pertes dans le fer plus grandes par unité de transformateur que dans le cas de plusieurs appareils en parallèle, ne présente aucun inconvénient. Du reste, nous pouvons affirmer que, la plupart du temps, un gros transformateur à refroidissement artificiel et exécuté avec de la tôle ordinaire, aura moins de pertes à vide que l'ensemble de transformateurs à même puissance totale et refroidissement naturel, exécutés avec de la tôle de bonne qualité. N'oublions pas que les conditions de marche en parallèle sont du reste souvent onéreuses, les transformateurs déjà installés étant souvent de construction ancienne et abandonnée.

» Si simple et si logique que paraisse cette conclusion, il semble qu'il y aurait intérêt à la propager, car les exploitants sollicitent quotidiennement des transformateurs pour marche en parallèle, là où la solution pré-

Digitized by Google

cédente serait tout indiquée. Les transformateurs à puissance réduite, devenant de ce fait disponibles, on pourrait les utiliser à d'autres endroits où ils seraient appelés à fonctionner isolément.

» Le seul obstacle à l'adoption de cette méthode d'agrandissement de puissance, c'est la multiplicité des réseaux et le manque d'homogénéité dans les fréquences, tensions et nature du courant en France. L'emploi de cette méthode est donc limitée à un même réseau ». — J. R.

Conférences du Conservatoire national des Arts et Métiers. — Dimanche dernier, 24 février, M. R. Legouez a fait une remarquable conférence sur « l'organisation industrielle » dans laquelle il s'est attaché à montrer qu'il est indispensable pour notre essor industriel de réaliser l'union sous toutes ses formes : union de la science et de l'industrie, union du capital, de la direction et du travail, union des fabricants en vue de l'achat des matières premières et de la vente des produits fabriqués, enfin union des producteurs et des consommateurs en vue d'empêcher un nouvel envahissement du marché français par les produits allemands.

Les prochaines conférences auront lieu les dimanches 10 et 17 mars à 14 heures 1/2. Dans la première, M. François Villain, ingénieur en chef des Mines, vice-président du Comité des Forges de Meurthe-et-Moselle, parlera d' « Une cité ouvrière dans le bassin de Briey ». Dans la seconde, M. de la Brosse, inspecteur général des Ponts et Chaussées, traitera des « Forces hydrauliques françaises ».

Société de chimie industrielle. — La séance d'inauguration des travaux de la Société de chimie industrielle a eu lieu le jeudi 14 mars, à 2 heures 1/2, à l'Hôtel Continental, sous la présidence de M. Clémentel, ministre du Commerce.

Des communications originales ont été présentées par M. Masse, président du Syndicat professionnel de l'industrie du gaz, sur « l'organisation économique » et « la production industrielle », et M. Matignon, professeur au Collège de France, sur « la synthèse de l'ammoniac avant Haber. »

Bibliographie : Conditions et essais de réception des métaux, par Georges Charpy, avec préface de Henry Le Chatelier (1). — Dans ce volume, l'auteur a réuni quelques notes et articles publiés à différentes époques et qui se rapportent tous au choix des conditions que le consommateur de métaux doit imposer au métallurgiste pour être sûr de la matière qu'il emploiera. Comme le fait remarquer M. Henri Le Chatelier dans sa préface, l'étude de M. Charpy était nécessaire et motivée par les difficultés incessantes rencontrées au cours de l'improvisation de nos fabrications de guerre.

La question des cahiers des charges a une influence considérable sur la prospérité industrielle d'un pays; ils peuvent, suivant les cas, stimuler ou paralyser complètement une industrie. M. Le Chatelier montre l'action particulièrement bienfaisante qu'ont eue sur le développement de la métallurgie française les conditions de réception de l'artillerie et de la marine, et, par contre, l'action néfaste des cahiers des charges des architectes de la ville de Paris sur l'industrie de la chaux hydraulique qu'ils ont tuée dans un rayon de 200 km autour de la ville.

Il est donc nécessaire dans la rédaction des cahiers des charges d'agir avec du bon sens, de l'esprit scientifique et du sens moral, d'y supprimer toutes les clauses inutiles ou pouvant prêter à confusion et de tenir compte de tous les plus récents progrès. M. Henry Le Chatelier termine sa préface en montrant l'utilité qu'il y aurait à standardiser les cahiers des charges, c'est-à-dire qu'on devrait établir des règles uniformes pour un même produit, également acceptées dans tout le pays et garanties aux gros comme aux petits consommateurs, il en résulterait une régularisation de la fabrication et, par suite, une diminution des prix de revient.

Les différentes questions traitées par M. Charpy sont les suivantes : les cahiers des charges pour la réception des matières métalliques ; la retassure des lingots d'acier, martelage, forgeage, laminage ; sur les essais de trempe ; sur la limite élastique des métaux, quelques réflexions sur l'essai des matériaux ; sur les essais sommaires des matériaux ; l'utilisation des compétences.

Dans ces différents chapitres l'auteur fait voir les erreurs que l'on a commises en voulant imposer au fabricant certains procédés de fabrication, et qu'il aurait beaucoup mieux valu exiger que les produits fournis répondant à certaines conditions bien déterminées. L'auteur montre par des exemples les conséquences fâcheuses qu'a entraînées la manière de faire actuelle, sans d'ailleurs citer d'exemples trop précis qui donneraient à son travail une allure de polémique.

M. Charpy termine son très intéressant et très utile volume en montrant l'énorme dispersion des efforts et la diversité des méthodes employées dans l'industrie, ce qui a pour conséquence de rendre des plus réduits le coefficient d'utilisation des agents du contrôle.

Il émet l'avis qu'il serait utile de créer un corps unique de contrôleurs qui serait formé de gens compétents et spécialisés dans un nombre restreint de matières ; cette spécialisation serait le plus sûr moyen de constituer un corps de doctrine et une tradition susceptible de servir de base pour la rédaction des cahiers des charges. Une autre solution rationnelle consisterait à centraliser les essais dans des laboratoires spéciaux tels que le Laboratoire central d'Électricité et le Laboratoire du Conservatoire national des Arts et Métiers. Les avantages d'une telle façon de procéder seraient, de l'avis de l'auteur, très appréciables tant au point de vue de la certitude des résultats que de l'énorme économie de main-d'œuvre. Le livre de M. Charpy rendra de grands services aux industriels et leur permettra d'éviter bien des erreurs dans la rédaction de leurs cahiers des charges.

« La Technique moderne ». — Suspendue depuis le 1er août 1914, la publication de « La Technique moderne » vient d'être reprise.

Le numéro de janvier renferme : une introduction de M. Painlevé, intitulée « Aujourd'hui et demain » où l'auteur montre la gravité de la lutte économique qui va s'engager après-guerre ; un article de M. L. Jacob sur la « Résistance des bouches à feu » ; le début d'une étude de M. Massot sur « La détermination graphique des engrenages hélicoïdaux » ; un article de M. G. Debesson sur « L'utilisation des combustibles inférieurs dans l'industrie » ; un article de M. Zacon sur « une méthode pratique d'établissement des salaires » ; enfin une revue documentaire de la presse française et étrangère.

(1) Un volume 16 cm × 25 cm, 106 pages, 18 figures, édité par H. Dunod et E. Pinat, 47 et 49, quai des Grands-Augustins, Paris (VIe) ; prix : 3 fr. 50.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Puissance active et puissance réactive

La distinction entre la puissance active et la puissance réactive et leurs expressions dans les cas ordinaires de la technique des courants alternatifs sont choses bien connues. L'auteur a voulu seulement étendre les relations connues au système alternatif le plus général qu'on puisse concevoir. Il part donc des équations de Lagrange, qui offrent un moyen souvent si commode de mettre en équation le mouvement de l'électricité. Ensuite, au lieu de se servir de la méthode bien connue de M. Janet pour obtenir, par le calcul des imaginaires, les puissances à calculer, l'auteur a préféré recourir au calcul vectoriel ordinaire, qui a l'avantage de traiter symétriquement les vecteurs en phase et les vecteurs en quadrature. Il est d'ailleurs à remarquer que les deux méthodes sont bien distinctes, puisque, dans la méthode des imaginaires, on peut toujours intervertir l'ordre des facteurs d'un produit, tandis que, dans la méthode vectorielle, le produit vectoriel change alors de signe. L'auteur montre, en définitive, que la puissance active moyenne fournie par les sources est égale à la puissance calorifique moyenne et qu'il y a un rapport constant, égal à 4 ω, entre la puissance réactive moyenne et la moyenne de la différence entre l'énergie électrique et l'énergie magnétique.

Le théorème de la conservation de la puissance réactive a été démontré dans des communications diverses parues dans les numéros de la « R. G. E. » des 30 juin, 8 septembre et 29 décembre 1917. Dans le théorème de M. Boucherot, on envisage les différences de potentiel et leurs produits intérieurs et extérieurs avec les intensités. Au lieu des différences de potentiel, je vais envisager les forces électromotrices et montrer, par une analyse aussi générale que possible, que la puissance active est égale à la chaleur de Joule par unité de temps, et que la puissance réactive est égale au produit de 4ω, ω étant la pulsation, par la différence entre l'énergie magnétique et l'énergie électrique moyennes.

Soit, par exemple, W l'énergie électrique, savoir:

$$2W = B_{11}q_1^2 + 2B_{12}q_1q_2 + \dots$$

Si les quantités q_1, q_2, etc., varient suivant une loi harmonique, de sorte qu'on ait

$$q = \sqrt{2}.q_{\text{eff}} \sin(\omega t + \varphi), \quad \omega = \frac{2\pi}{\tau},$$

on aura

$$\frac{1}{\tau}\int_0^\tau W dt = \frac{1}{2}B_{11}q_{1\text{eff}}^2 + B_{12}q_{1\text{eff}}q_{2\text{eff}}\cos(q_1q_2) + \dots$$

C'est cette expression que j'appelle l'énergie électrique moyenne, τ étant la période.

Les quantités q qui figurent dans cette expression W sont les charges des divers conducteurs du champ électrostatique; ce seront par exemple les charges des diverses armatures des condensateurs du réseau ou, du moins, celles de ces charges qui sont indépendantes, après qu'on a tenu compte des équations de liaison $\Sigma q = 0$ pour tout champ fermé.

J'appelle T l'énergie magnétique; de même que W est une fonction quadratique des charges, T est une fonction quadratique des courants. Le courant de charge est d'ailleurs la dérivée de la charge par rapport au temps. Si d'ailleurs, d'une façon générale, q est la quantité d'électricité qui a traversé une section d'un conducteur depuis une époque déterminée, prise pour origine, on a, d'après Faraday, pour le courant q'

$$q' = \frac{dq}{dt}.$$

Les q' qui figurent explicitement sont les intensités qui sont indépendantes et qui demeurent seules après qu'on a tenu compte des équations de liaison $\Sigma q' = 0$ relatives aux sommets.

Soit donc

$$2T = A_{11}q'^2_1 + 2A_{12}q'_1q'_2 + \dots$$

L'énergie magnétique moyenne s'obtiendra, en écrivant

$$\frac{1}{\tau}\int_0^\tau T dt = \frac{1}{2}A_{11}q'^2_{1\text{eff}} + A_{12}q'_{1\text{eff}}q'_{2\text{eff}}\cos(q'_1q'_2) + \dots$$

Si j'appelle J la chaleur de Joule par unité de temps, j'aurai, de même

$$J = R_{11}q'^2_1 + 2R_{12}q'_1q'_2 + \dots$$

d'où

$$\frac{1}{\tau}\int_0^\tau J dt = R_{11}q'^2_{1\text{eff}} + 2R_{12}q'_{1\text{eff}}q'_{2\text{eff}}\cos(q'_1q'_2) + \dots$$

Digitized by Google

Cela posé, si P_w et P_r sont les puissances actives et réactives, j'aurai

$$P_w = \frac{1}{\tau}\int_0^\tau J\,dt,$$

$$P_r = 4\omega\left(\frac{1}{\tau}\int_0^\tau (T - W)\,dt\right).$$

1° *Équations du mouvement de l'électricité.* — Nous suivrons les indications de Maxwell. Soit p la quantité de mouvement relative à la variable q, on aura

$$p_1 = \frac{\partial T}{\partial q'_1} = A_{11}q'_1 + A_{12}q'_2 + \dots$$

$$p_2 = \frac{\partial T}{\partial q'_2} = A_{21}q'_1 + A_{22}q'_2 + \dots$$

et l'on fera attention à l'égalité de A_{12} et de A_{21} ; pour n'avoir pas à y revenir, nous ferons tout de suite la même remarque pour B_{12} et B_{21}, R_{12} et R_{21} et les autres quantités similaires. Alors l'équation de Lagrange due à la variable q, est

$$(1) \qquad \frac{dp}{dt} + \frac{\partial w}{\partial q} = e_q - \frac{1}{2}\frac{\partial J}{\partial q},$$

la quantité e_q représentant la force électromotrice appliquée ; $-\frac{dp}{dt}$ est la force d'inertie ; $-\frac{\partial w}{\partial q}$ est la force élastique, enfin $-\frac{1}{2}\frac{\partial J}{\partial q}$ est la force de viscosité.

Quand on applique les équations de Lagrange, les différentes variables q qui donnent le système d'équations que l'on envisage, sont des variables indépendantes.

2° *Forme du changement de variables.* — On a donc dû ainsi, en partant des forces électromotrices et des intensités dans chaque branche, opérer un changement de variable. Je vais expliquer comment la force électromotrice appliquée à une variable se déduit des forces électromotrices données.

Soient x, y, z les courants donnés, E_x, E_y, E_z les forces électromotrices dans les branches correspondantes, l'énergie instantanée par seconde est

$$xE_x + yE_y + zE_z.$$

Or j'admets que les équations de liaison me permettent de réduire les variables à deux X et Y et que l'on ait

$$x = aX + bY,$$
$$y = a'X + b'Y,$$
$$z = a''X + b''Y;$$

a, a', a'', b, b', b'', étant des quantités constantes, je poserai

$$e_X = aE_x + a'E_y + a''E_z,$$
$$e_Y = bE_x + b'E_y + b''E_z,$$

de façon que l'on ait

$$E_x\delta x + E_y\delta y + E_z\delta z = e_X\delta X + e_Y\delta Y;$$

c'est ce qui est nécessaire pour l'application des équations de Lagrange ; des deux côtés nous avons le travail virtuel, par unité de temps.

3° *J, T et W sont invariants pour le changement de variables.* — On a, en effet

$$\frac{\partial T}{\partial X} = \frac{\partial T}{\partial x}\cdot\frac{\partial x}{\partial X} + \frac{\partial T}{\partial y}\cdot\frac{\partial y}{\partial X} + \frac{\partial T}{\partial z}\cdot\frac{\partial z}{\partial X},$$

ou

$$\frac{\partial T}{\partial X} = a\frac{\partial T}{\partial x} + a'\frac{\partial T}{\partial y} + a''\frac{\partial T}{\partial z},$$

et, de même

$$\frac{\partial T}{\partial Y} = b\frac{\partial T}{\partial x} + b'\frac{\partial T}{\partial y} + b''\frac{\partial T}{\partial z},$$

d'où

$$2Txy = X\frac{\partial T}{\partial X} + Y\frac{\partial T}{\partial Y} = (aX + bY)\frac{\partial T}{\partial x} + \dots =$$

$$= \frac{\partial T}{\partial x} + y\frac{\partial T}{\partial y} + z\frac{\partial T}{\partial z} = 2Y_{xyz}.$$

La même démonstration s'applique à W et J. La réussite de la démonstration s'explique par le fait que ces quantités ont une signification physique.

On remarquera que si les parenthèses et les crochets prennent le sens qu'on leur donne dans la théorie vectorielle de produits scalaires et de produits vectoriels, et si x, y, z, X, Y représentent des vecteurs, tandis que les coefficients $a, a', a'', b, b', b'', A, B, R$, sont des quantités algébriques constantes, on aura

$$\left(X\frac{\partial T}{\partial X}\right) + \left(Y\frac{\partial T}{\partial Y}\right) = \left(x\frac{\partial T}{\partial x}\right) + \left(y\frac{\partial T}{\partial y}\right) + \left(z\frac{\partial T}{\partial z}\right),$$

$$\left[X\frac{\partial T}{\partial X}\right] + \left[Y\frac{\partial T}{\partial Y}\right] = \left[x\frac{\partial T}{\partial x}\right] + \left[y\frac{\partial T}{\partial y}\right] + \left[z\frac{\partial T}{\partial z}\right].$$

4° *Valeur des produits vectoriels et scalaires.* — Avant d'aborder la démonstration des expressions que j'ai annoncées, je crois utile d'ajouter ici un lemme qui abrégera beaucoup le calcul.

Considérons les deux expressions

$$\frac{dp_1}{dt} = lX' + MY', \quad \frac{dp_2}{dt} = MX' + NY',$$

où X, Y désignent deux vecteurs situés dans le plan des xy et X', Y' les vecteurs représentant leurs vitesses. Rapportons le système de vecteurs à un trièdre trirectangulaire ox, oy, oz et soit k le vecteur unité dirigé

Digitized by Google

suivant oz. Supposons que chacun des vecteurs X, Y reste constant en grandeur, mais qu'il tourne autour de l'origine avec une vitesse uniforme ω en faisant un tour dans le temps τ. Alors, on aura

$$X' = \omega\,[kX], \quad Y' = \omega\,[kY],$$

et, en prenant le produit scalaire

$$\left(X\frac{dp_1}{dt}\right) + \left(Y\frac{dp_2}{dt}\right) = \omega\,(X,\ L\,[kX] + M\,[kY] + \omega\,(Y,\ M\,[kX] + N\,[kY]),$$

ou

$$\omega L(X[kX]) + \omega M((X[kY]) + (Y[kX])) + \omega N(Y[kY]) = 0.$$

car on a

$$(X\,[kX]) = 0,$$

puisque, dans ce déterminant, il y a deux lignes identiques et

$$(Y\,[kX]) + (X\,[kY]) = 0,$$

puisque les deux déterminants se déduisent l'un de l'autre par interversion de deux lignes.

On a donc, en appelant Π^1 ce produit

$$(2) \quad \Pi^1 = (X,\ LX' + MY') + (Y,\ MX' + NY') = 0.$$

On aurait de même

$$(3) \quad \Pi^{11} = (X',\ LX + MY) + (Y',\ MX + NY) = \Pi^1 = 0,$$

Passons maintenant au produit Π

$$\Pi = (X,\ LX + MY) + (Y,\ MX + LY).$$

On a

$$= L\,(X^2) + 2M\,(XY) + N\,(Y^2),$$

or

$$(XY) = |X| \times |Y| \times \cos\,(XY),$$

en appelant $|X|$ la valeur absolue ou la grandeur du vecteur X, $|Y|$ la grandeur du vecteur Y et $\cos\,(XY)$, le cos de l'angle de déphasage entre X et Y.

D'autre part, on a

$$|X| = \sqrt{2}\,X_{\text{eff}}.$$

L'expression considérée a donc pour valeur l'expression algébrique

$$(4) \quad \Pi = 2\,[LX^2_{\text{eff}} + 2MX_{\text{eff}}\,Y_{\text{eff}}\cos XY + NY^2_{\text{eff}}).$$

De même que nous venons d'étudier les produits scalaires, étudions les produits vectoriels.

Soit le produit vectoriel

$$\left[X\frac{dp_1}{dt}\right] + \left[Y\frac{dp_2}{dt}\right] = \omega\left[X,\ L\,[kX] + M\,[kY]\right] + \omega\,[Y,\ M[kX] + N[kY]].$$

Posons

$$\Pi^1_1 = L[X[kX]] + M([X[kY]] + [Y[kX]]) + N[Y[kY]].$$

Or, on a, d'après une règle de calcul connue

$$[X[kY]] = k(XY) - Y(kX).$$

Ici, les vecteurs X et Y font avec k un angle droit, donc en particulier $(kX) = 0$.

Il reste donc

$$\Pi^1_1 = k\left(L\,(X^2) + 2M\,(XY) + N(Y^2)\right),$$

ou

$$(5) \quad \Pi^1_1 = 2k(LX^2_{\text{eff}} + 2MX_{\text{eff}}Y_{\text{eff}}\cos\,(XY) + NY^2_{\text{eff}}).$$

On aurait de même

$$(6) \quad \Pi^1_1 = [X',\ LX + MY] + [Y',\ MX + NY] = -\Pi^1_1.$$

Enfin

$$\Pi = [X,\ LX + MY] + [Y,\ MX + NY] = L\,[X^2] + M\,([XY] + [XY]) + N[Y^2] = 0. \quad (7)$$

Nous allons avoir à appliquer dans un instant les formules (2) à (7).

5° *Résolution des équations de Lagrange en régime périodique permanent.* — Tous ces préliminaires étant établis, je reviens aux équations de Lagrange (1). Je remarque tout d'abord leur caractère linéaire. Donc le principe de superposition s'applique,

Je suppose désormais que toutes les forces électromotrices sont de la forme

$$e = \sqrt{2}\,e_{\text{eff}}.\ \sin(\omega t + \varphi),$$

ω ayant la même valeur pour toutes, et je me borne d'ailleurs à étudier le régime permanent périodique. Je dis qu'alors toutes les inconnues q seront de la même forme.

Pour s'en rendre compte, il suffit de considérer les forces électromotrices e comme les projections sur l'axe des x, de vecteurs situés dans le plan des xy, et tournant autour de l'axe des z avec la vitesse de rotation constante ω. Remplaçons alors l'inconnue q par un vecteur situé lui aussi dans le plan des xy, appelons ce vecteur Q. Dès lors q' sera la projection de Q' sur ox, et $\frac{dq'}{dt}$ sera la projection sur ox de la vitesse de Q'. Imaginons de plus que la grandeur de chacun des n vecteurs Q que

Digitized by Google

nous avons à considérer soit invariable pendant toute la durée du régime. Alors on aura

$$Q' = \omega\,[kQ] \qquad \frac{dQ'}{dt} = \omega\,[kQ'],$$

et

$$[kQ'] = \omega\,\big[k\,[kQ]\big] = \omega\,(k\,(kQ) - Q(kk)) = -\omega Q,$$

d'où

$$Q = -\frac{1}{\omega}\,[kQ'].$$

Ainsi donc on peut exprimer Q et $\frac{dQ'}{dt}$ en fonction de Q' et les équations de Lagrange deviennent n équations linéaires relatives aux n vecteurs coplanaires inconnus Q'. Ces n vecteurs sont donc ainsi parfaitement déterminés. La résolution algébrique donnera donc les Q' en fonction des E dans chacune de leurs positions correspondantes instantanées, et, quand les E tourneront, les Q, Q', $\frac{dQ'}{dt}$ suivront ce mouvement d'entraînement; comme si tous les vecteurs considérés formaient un système invariable.

6° *Formation de la puissance active P_w.* — J'ai

$$2P_w = \Sigma\,(EQ') = 2\Sigma e_{\text{eff}} q'_{\text{eff}} \cos\,(eq').$$

On tire des équations de Lagrange où l'on a remplacé les petites lettres par les grandes, qui représentent les vecteurs correspondants

$$\Sigma\left(Q'_1, \frac{d}{dt}\,(A_{11}Q'_1 + A_{12}Q'_2 + \ldots)\right) + \Sigma\,(Q'_1,\ B_{11}Q_1 + B_{12}Q_2 + \ldots) = \Sigma(EQ') - \Sigma(Q'_1, R_{11}Q'_1 + R_{12}Q_2 + \ldots).$$

Or, d'après la formule (2) (où l'on fait $X = Q'$, etc.), on a

$$\Sigma\left(Q'_1, \frac{d}{dt}, A_{11}Q'_1 + \ldots\right) = 0.$$

De même, d'après la formule (3) (où l'on fait $X = Q_1$, etc.), on a

$$\Sigma\,(Q'_1, B_{11}Q_1 + \ldots) = 0.$$

Enfin, d'après la formule (4), on a

$$\Sigma(Q'_1, R_{11}Q'_1 + \ldots) = 2(R_{11}q'^2_{1\text{eff}} + 2R_{12}q'_{1\text{eff}}q'_{2\text{eff}}\cos q_1q_2 + \ldots).$$

Il reste donc

$$P_w = \Sigma e_{\text{eff}} q'_{\text{eff}} \cos eq = R_{11}q_1{}^2{}_{\text{eff}} + 2R_{12}q'_{2\text{eff}} \cos q_1q_2 + \ldots.$$

7° *Formation de la puissance réactive P_r.* — J'ai

$$2kP_r = \Sigma\,[Q'E] = 2k\Sigma q'_{1\text{eff}} e_{\text{eff}} \sin\,(eq'),$$

l'angle est compté de E vers Q', le sens des angles positifs étant celui de ox vers oy.

On tire des équations de Lagrange vectorielles

$$\left[\Sigma\,Q'_1, \frac{d}{dt}\,(A_{11}Q'_1 + A_{12}Q'_2 + \ldots)\right] + \Sigma\,[Q'_1, B_{11}Q_1 + B_{12}Q_2 + \ldots] = \Sigma[EQ'] - \Sigma[Q', R_{11}Q'_1 + R_{12}Q'_2 + \ldots].$$

Or, d'après la formule (5), on a pour le premier terme

$$2\omega k\,(A_{11}q_1{}^2{}_{\text{eff}} + 2A_{12}q_{1\text{eff}}q_{2\text{eff}} \cos q_1q_2 + \ldots)$$

ou

$$4\omega \times \frac{1}{\tau}\int_0^\tau T\,dt \times k.$$

De même, si nous considérons le second terme et que nous appliquions la formule (6), nous obtenons

$$4\omega \times \frac{1}{\tau}\int_0^\tau W\,dt \times k.$$

Enfin, si nous appliquons la formule (7) au dernier terme, nous voyons qu'il est nul.

Il reste donc, en définitive, après suppression du facteur k

$$\Sigma q'_{\text{eff}} e_{\text{eff}} \sin\,(eq') = 4\omega \times \frac{1}{\tau}\int_0^\tau (T - W)\,dt.$$

C'est la formule générale que je me proposais de démontrer.

8° *Cas d'un milieu conducteur à dimensions tranversales finies.* — Considérons tout d'abord le champ électrostatique; soit E l'intensité du champ électrique, ε le pouvoir inducteur électrique, D le déplacement; on a pour l'énergie électrique

$$W = \int \frac{\varepsilon E^2}{8\pi}\,d\varpi,$$

$d\varpi$ étant l'élément de volume. En notation vectorielle, on aura, en appelant ψ le potentiel, i le vecteur courant

$$\int (ED')\,d\varpi = \int \left(-\frac{\partial\psi}{\partial n}, i\right) d\varpi \quad \text{et} \quad D = \frac{\varepsilon E}{4\pi}.$$

Si E est une quantité vectorielle de grandeur constante, le courant

$$i = D'$$

sera tangent à la sphère décrite par l'extrémité du vecteur E dans l'espace représentatif des quantités vectorielles, donc le travail des deux vecteurs sera nul et l'on aura

$$\int \left(-\frac{\partial\psi}{\partial n}, i\right) d\varpi = 0.$$

Digitized by Google

Soit H l'intensité du champ magnétique, on aura pour l'énergie magnétique

$$T = \int \frac{\mu H^2}{8\pi} \, d\varpi.$$

Et l'on aura de même

$$\int \mu (H \, dH) \, d\varpi = 0,$$

si la grandeur du vecteur H reste constante; mais on a aussi, en appelant A le potentiel vecteur,

$$2T = \int (Ai) \, d\varpi.$$

On aura donc

$$\int \left(\frac{dA}{dt} i \right) d\varpi = 0.$$

Mais dans le champ électrodynamique, on a, en appelant F la force électromotrice, l'équation vectorielle

$$+ \frac{\partial \psi}{\partial n} - F + \frac{dA}{dt} + \rho i = 0.$$

$- \frac{\partial \psi}{\partial n}$ est le gradient de potentiel; si nous divisons le champ en tubes de flux, pour tenir compte de la condition d'incompressibilité (condition solénoïdale exprimant le principe de la conservation de l'électricité), il restera, en tenant compte des équations précédente

$$\int (Fi) \, d\varpi = \int \rho i^2 d\varpi,$$

c'est-à-dire que la puissance active se retrouve sous forme de chaleur de Joule, car cette équation vectorielle donnera

$$\int F_{eff} i_{eff} \cos (Fi) \, d\varpi = \int \rho i^2_{eff} d\varpi.$$

Dans tous ces calculs, chaque vecteur physique était considéré comme conservant une direction fixe dans l'espace, mais tous variaient simultanément suivant une loi sinusoïdale. Alors, chacune de ces grandeurs physiques était considérée comme la projection sur sa ligne d'action d'un vecteur de grandeur constante tournant d'un mouvement uniforme dans un plan (P) contenant cette ligne d'action. C'est à ces vecteurs d'orientation variable que nous avons appliqué les équations du champ ainsi généralisées.

On obtiendrait tout aussi facilement notre seconde relation. Il faut seulement ne pas confondre l'espace physique avec l'espace des quantités vectorielles représentatives des quantités harmoniques; c'est sur l'axe des x de cet espace qu'on peut supposer toutes les lignes d'action rabattues tandis que tous les plans (P) deviennent le plan des xy.

J.-B. POMEY,
Ingénieur en chef des Télégraphes.

Revues, analyses et informations

Mesure des pertes diélectriques des isolants.

A l'heure actuelle, les isolants et les appareils isolés sont devenus légion; mais ils présentent une telle variété d'espèces, de qualités et d'applications que l'on n'est pas encore parvenu à élaborer une méthode d'essai capable de donner également pour chacun d'eux toutes les indications désirables. On utilise des isolants gazeux, liquides et solides; leur composition comprend toute la gamme allant du simple oxyde à l'hydrocarbure le plus complexe; on forme aussi des mélanges de ces corps. Quand les fabricants cherchent à exalter telle propriété en vue d'une application spéciale, ils n'obtiennent ce résultat, la plupart du temps, qu'au détriment d'autres qualités non moins désirables. Par exemple, on n'augmentera la rigidité diélectrique des vernis qu'en les rendant plus cassants; on n'augmentera la fluidité de l'huile des transformateurs qu'en abaissant leur point d'inflammation; enfin, les isolants calorifuges perdent d'un autre côté de leur résistance mécanique et de leur résistance d'isolement.

Ces résultats opposés semblent bien être la conséquence de l'insuffisance de nos méthodes d'essais. On éprouve certes les isolants au point de vue de leur résistance d'isolement et de leur rigidité diélectrique; mais ces essais ne s'adressent qu'aux produits finis et aux appareils en instance de livraison; si on veut les pousser trop loin, jusqu'à la limite de la tension de disruption, on risque de perdre un appareil d'un prix élevé. C'est pourquoi on a cherché à compléter ces deux procédés par des mesures sur les pertes diélectriques des isolants qui peuvent être pratiquées sur l'isolant au cours de sa fabrication et qui permettent en quelque sorte de suivre pas à pas son évolution; malheureusement toutes ces mesures sont hérissées de difficultés, aussi bien en ce qui concerne les méthodes que les appareils utilisés. Il est facile de s'en rendre compte si l'on songe qu'il n'est pas rare d'avoir à évaluer des pertes dont le total atteint à peine 10 w sous des tensions de 25000 v, 50000 v, voire même 100000 v avec un facteur de puissance souvent inférieur à 5 pour 100. Aussi est-il intéressant de connaître l'appareillage qui a servi, pendant cinq ans, à M. Skinner pour son étude sur les isolants et qui lui a donné d'excellents résultats.

I. — MÉTHODE DE M. SKINNER POUR LA MESURE DES PERTES DIÉLECTRIQUES (1). — Le schéma général des connexions est

(1) C.-E. SKINNER. *Journal of the Franklin Institute*, juin 1917, t. CLXXXIII, p. 667-714.

Digitized by Google

indiqué en figure 1 : T, transformateur qui fournit la tension sous laquelle on désire opérer; A, ampèremètre dérivant du voltmètre multicellulaire de Kelvin; W, électromètre-wattmètre shunté par la résistance r; V, voltmètre statique; H, support pour l'échantillon; G, anneau de garde; BT, basse tension; HT, haute tension. Pour les

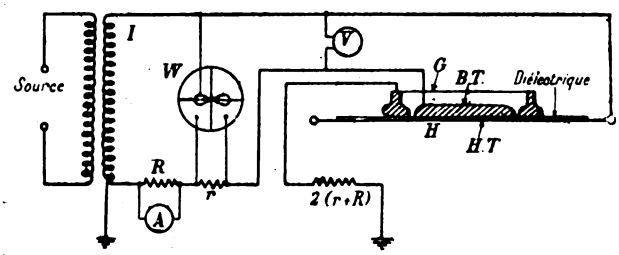


Fig. 1. — Vue d'ensemble du dispositif de M. Skinner pour la mesure des pertes diélectriques.

matériaux en planche, il est bon d'avoir des électrodes capables de produire un champ uniforme dans la partie en essai. Dans presque toutes les expériences, les échantillons étaient noyés dans l'huile, parce que ce sont les conditions ordinaires de leur emploi, surtout dans les transformateurs à haute tension. Quand on opère dans l'air, d'ailleurs, on est limité par la production des effluves (effet corona) aux hautes tensions.

1. *Théorie de l'électromètre-wattmètre.* — La formule fondamentale de l'électromètre à quadrants établie par Maxwell est la suivante :

$$C = K_1 (V_1 - V_2) \left[V - \frac{V_1 + V_2}{2} \right],$$

dans laquelle C représente le couple antagoniste de la suspension bifilaire; K, une constante; V_1, V_2, V, les potentiels absolus des quadrants A, B et de l'aiguille C. La déviation de l'aiguille apparaît donc comme proportionnelle à deux tensions : la différence de potentiel entre les deux paires de quadrants et la différence de potentiel entre le potentiel absolu de l'aiguille et le potentiel moyen des quadrants. Quand l'appareil est monté sur courant alternatif, la différence de phase entre ces deux potentiels intervient aussi pour produire la déviation de l'aiguille, car deux tensions déphasées de 90° ne peuvent donner aucun couple dans les appareils électrostatiques de ce genre.

Les connexions seront réalisées comme l'indique la figure 2 pour transformer l'électromètre en wattmètre. La

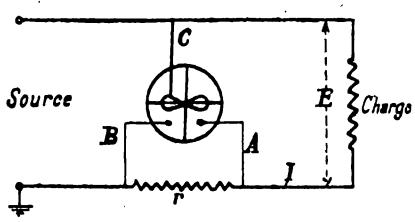


Fig. 2. — Connexions de l'électromètre employé comme wattmètre.

résistance r est purement ohmique; on l'appelle résistance du wattmètre ou réducteur de tension; elle sert à établir entre les quadrants une différence de potentiel proportionnelle et en phase avec le courant I; E est la tension aux bornes de la charge et I l'intensité du courant.

En admettant que les petites déviations δ sont proportionnelles au couple C qui agit sur l'aiguille, la formule de Maxwell peut s'écrire

$$(1) \qquad \delta = K_2 (V_1 - V_2) \left[V - \frac{V_1 + V_2}{2} \right],$$

dans laquelle K_2 est une nouvelle constante.

Si la charge est purement ohmique, la chute de tension entre les quadrants A et B, $Ir = V_1 - V_2$, est en phase avec E tension de la charge. D'autre part, si B est au sol, $V_2 = 0$, $V_1 = Ir$ et $V = Ir + E$; la formule précédente devient alors

$$(2) \qquad \delta = K_2 Ir \left(Ir + E - \frac{Ir}{2} \right).$$

$$(3) \qquad = K_2 r \left(EI + \frac{I^2 r}{2} \right).$$

Il ressort ainsi que la déviation est proportionnelle à la somme des watts correspondants à la charge et de la moitié des watts absorbés dans la résistance wattmétrique.

La formule (3) reste invariable alors même que B aurait un certain potentiel supérieur à 0, car on aurait

$$(4) \qquad \delta = K_2 (Ir + x - x) \left(V + Ir + x - \frac{Ir + 2x}{2} \right),$$

ou, après simplification,

$$(5) \qquad \delta = K_2 r \left(EI + \frac{I^2 r}{2} \right).$$

Nous avons supposé que le facteur de puissance était égal à l'unité. Il est facile d'établir la formule applicable au cas

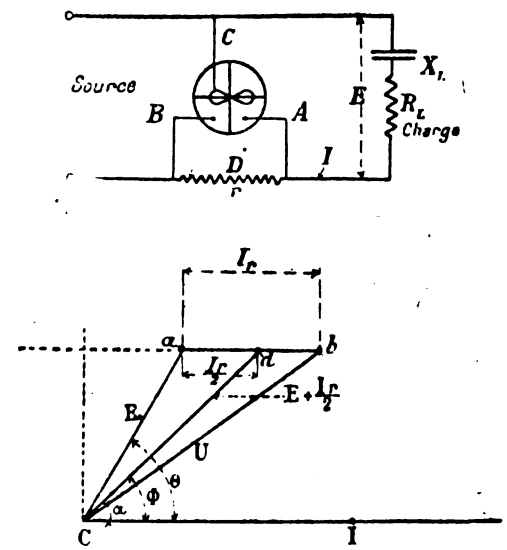


Fig. 3. — Schéma des connexions et des tensions dans un essai d'isolant en ordre de marche.

où le facteur de puissance est quelconque. En figure 3 nous reproduisons le schéma du montage généralement adopté pour l'essai des isolants avec le diagramme vectoriel correspondant. R_L et X_L représentent la résistance et la capacité de la charge diélectrique qui a un facteur de puissance

Digitized by Google

égal à cos θ. Soit alors CI le vecteur du courant ; la tension U du réseau est déphasée d'un angle α et correspond au vecteur Cb ; le vecteur $\overrightarrow{Ca} = E$, déphasé d'un angle θ sur I, s'obtient en menant le vecteur $\overrightarrow{ba} = Ir$ parallèle et opposé à CI et joignant C et a ; le vecteur $\overrightarrow{Cd}$ représente la différence entre le potentiel de l'aiguille $E + ir$ et le demi-potentiel entre les quadrants ; ce dernier fait avec CI un angle ψ. D'après l'équation fondamentale on a

$$\delta = K_2 \times \overrightarrow{ab} \times \overrightarrow{Cd},$$

où $\overrightarrow{ab}$ et $\overrightarrow{Cd}$ sont des grandeurs vectorielles.

D'après le diagramme de la figure 3, le second membre exprimé en grandeurs scalaires devient

$$\delta = K_2 \times ab \times cd \cos \varphi.$$

Or, $cd \cos \varphi = ac \cos \theta = da$

d'où

$$\delta = K_2 \times ab \times (ac \cos \theta + da)$$
$$= K_2 \times Ir \times \left(E \cos \theta + \frac{Ir}{2}\right)$$
$$= K_2 r \left(EI \cos \theta + \frac{Ir}{2}\right).$$

Ainsi l'électromètre-vattmètre mesure encore les watts, même dans le cas où la charge est constituée par un condensateur, comme c'est d'ailleurs toujours le cas dans les essais d'isolants. On démontrerait qu'il s'adapte aussi bien à la mesure d'une charge inductive.

2. *Etalonnage de l'électromètre-wattmètre.* — La constante de l'appareil a été déterminée par plusieurs méthodes se corroborant mutuellement avec une précision de 2 à 3 pour 100. Le plus souvent, on adopte le montage de la figure 4 pour lequel on a

$V = V_1 = E$ et $V_2 = 0$; d'où

$$\delta = K_2 \frac{E^2}{2} \quad \text{et} \quad K_2 = \frac{2\delta}{E^2}.$$

On peut compter sur une fixité relative du zéro assez considérable ; pendant douze mois de service consécutifs,

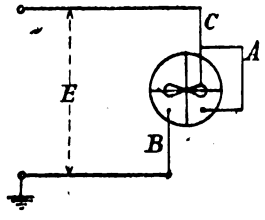


Fig. 4. — Montage idiostatique pour la détermination de la constante de l'électromètre-wattmètre.

les plus grands écarts constatés sont restés compris entre 2,5 et 3 pour 100. D'autre part, cette constante est pratiquement uniforme dans toute l'étendue de l'échelle, comme le prouve le tableau suivant.

Volts.	Déviations. (cm)	K
1 530	0,46	$3,98 \times 10^{-7}$
3 140	2,01	$4,07 \times 10^{-7}$
4 790	4,70	$4,10 \times 10^{-7}$
6 440	8,40	$4,05 \times 10^{-7}$
8 120	13,32	$4,04 \times 10^{-7}$
9 720	19,05	$4,03 \times 10^{-7}$
	Moyenne.....	$4,04 \times 10^{-7}$

Mais le meilleur contrôle de la constance du wattmètre consiste à mesurer une quantité connue d'énergie. Quelques résultats d'essais effectués dans ce sens sont rapportés ci-dessous :

Fréquence. p : sec	Étalonnage en wattmètre. watts	cos θ	Valeurs de la constante K_2 d'après les déviations lues.
25	126,8	1,00	$4,03 \times 10^{-7}$
25	88,2	0,31	$4,13 \times 10^{-7}$
25	140,8	0,15	$4,13 \times 10^{-7}$
60	124,0	1,00	$4,00 \times 10^{-7}$
60	132,2	0,14	$4,12 \times 10^{-7}$
60	126,0	0,065	$4,13 \times 10^{-7}$
25	Etalonnage en voltmètre.		$4,13 \times 10^{-7}$
60	Etalonnage en voltmètre.		$4,12 \times 10^{-7}$

On voit donc que l'emploi de l'instrument comme wattmètre permet de faire des lectures concordantes dans les limites de 3 pour 100, aux fréquences de 60 et 25 p : sec et avec des facteurs de puissance variant entre 6,50 et 100 pour 100. Il faut noter que l'erreur possible est d'autant plus élevée que le facteur de puissance est plus faible, parce que les watts mesurés par l'appareil sont la somme : des watts perdus dans le diélectrique et de la moitié des watts absorbés dans la résistance du wattmètre. Jusqu'ici, le plus faible facteur de puissance que l'on ait constaté avec ce dispositif est de 1,5 pour 100.

3. *Erreurs possibles.* — Une étude serrée du dispositif a permis d'éliminer un certain nombre d'erreurs instrumentales. Ainsi on a remarqué que la constante du wattmètre était d'autant plus uniforme que la distance entre les deux groupes de quadrants était plus petite. Un écart de 6,3 mm est celui qui convient le mieux et on l'a adopté pour toutes les mesures. Il arrive aussi que l'aiguille éprouve une déviation sensible quand elle est chargée à un haut potentiel, les quadrants étant mis à la terre. Cet inconvénient provient d'un défaut de symétrie dans la position des quadrants ; on le corrige par des retouches successives jusqu'à l'obtention d'une fixité absolue de l'aiguille pour les connexions indiquées.

Aux tensions supérieures à 70 000 v, l'équipage devient instable sous l'action des forces électrostatiques qui entrent alors en jeu. On s'est donc limité aux tensions inférieures à ce nombre.

M. Rayner a signalé que le courant de charge de l'aiguille introduit aussi une erreur ; or, toute perte d'énergie dans le voltmètre est comprise dans les mesures du wattmètre ; par conséquent, en couplant et découplant le voltmètre, on doit pouvoir se faire une idée de l'erreur commise ; celle-ci n'est pas appréciable et on peut la négliger. Négligeables aussi sont les pertes résultant d'un défaut d'isolement de l'appareil ou encore de l'inductance et de la capacité de la résistance shuntant le wattmètre. Enfin, la forme de l'onde du courant de charge n'a aucune influence sur la précision des lectures du wattmètre.

4. *Description de l'appareil.* — L'électromètre modifié est du type Kelvin. Les quatre parties des quadrants sont découpées dans un anneau de fonte tourné d'une seule pièce à 40 cm de diamètre intérieur et 19 cm de hauteur ; elles sont ensuite complétées par des plaques de cuivre de 0,32 cm d'épaisseur ; la boîte cylindrique ainsi réalisée est pourvue, à sa partie supérieure, d'une ouverture de 17,8 cm de diamètre pour le passage du fil de suspension et à sa partie inférieure, d'une autre ouverture par laquelle passe la tige qui met l'aiguille en relation avec la source à haute tension. Toutes les arêtes sont émoussées pour éviter la formation d'aigrettes. L'écart entre quadrants varie de 0,63 cm

Digitized by Google

à 0,16 cm ; on a, dans toutes les mesures sur les isolants, adopté le chiffre 0,63 cm qui permet de travailler avec une différence de potentiel de 10 000 v entre les quadrants.

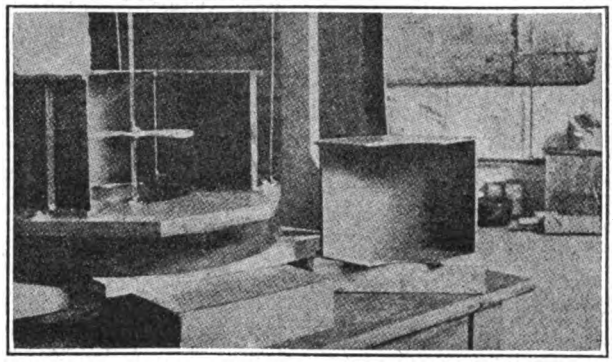


Fig. 5. — Wattmètre dont on a enlevé l'un des quadrants pour en montrer l'intérieur.

L'ensemble repose sur une base en ardoise avec interposition d'une rondelle en micarta. L'ardoise est séchée dans le vide, puis recouverte à chaud de six couches de vernis; elle est à son tour placée sur un tremplin en bois de sapin de 2 cm d'épaisseur, de façon à soulever suffisamment l'appareil pour faciliter l'arrivée du câble à haute tension par le fond. Cette partie est visible sur la figure 5.

L'aiguille est découpée dans une feuille de 0,08 cm d'épaisseur et renforcée sur son pourtour par un fil cylindrique d'aluminium de 0,63 cm de diamètre qui s'oppose aussi à l'effet corona. Ce mode de construction permet d'établir une différence de potentiel de 70000 v entre l'aiguille et les quadrants sans décentrement de l'aiguille sous l'action des forces électrostatiques.

La suspension bifilaire est constituée par deux fils de bronze phosphoreux recuit de 0,0254 cm de diamètre, 60 cm de longueur et écarté de 2,54 cm. Elle est soutenue par deux colonnes en érable traité et réunies par une traverse en micarta. L'appareil entier, sauf la suspension, est noyé dans de l'huile pour transformateur, marque « H. F. ». Le dispositif est représenté en figure 6. L'huile ne sert pas seulement d'isolant, mais encore d'amortisseur pour l'aiguille; elle est contenue dans un bac en fibre desséchée et vernie. Le tout est placé sur une forte table en bois épais et hydrofugé. Une grande cage en tôle galvanisée sert d'écran contre les champs électrostatiques parasites.

Le conducteur à haute tension pénètre dans la cage au travers d'un gros isolateur en porcelaine et vient s'adapter à une tige qui traverse le bac à huile et dont l'extrémité supérieure porte une cupule remplie de mercure par lequel s'établit le contact avec l'aiguille. Les fils basse tension réunis aux quadrants émergent du bain d'huile et sortent par le haut de la cage à travers des bornes en porcelaine. L'instrument est placé de niveau au moyen de vis calantes fixées aux pieds de la table.

Le rhéostat du wattmètre est constitué par deux résistances Weston de 50 000 ohms chacune, pouvant supporter un courant de 0,05 A. Pour les grandes intensités, on a employé des résistances en ruban spécialement construites par la Paul Instrument Company. Ces résistances n'ont pratiquement aucune induction et seulement une capacité très faible.

5. *Voltmètre.* — Le voltmètre électrostatique employé dans ces mesures d'isolement est représenté schématiquement en figure 7. Il consiste en un plateau fixe en laiton de 7,62 × 12,70 cm et un plateau mobile en aluminium de 7,62 × 7,62 cm; ce dernier oscille sur une suspension à couteau et porte un miroir. Les deux plateaux sont fixés à un disque en carton imprégné qui sert en même temps de couvercle à un bac en verre contenant de l'huile « H F » pour transformateurs. On remarque sur la figure que la longue borne en porcelaine du conducteur à haute tension traverse le côté supérieur d'une cage métallique et se prolonge jusqu'au bain d'huile de façon à ne laisser à nu aucune partie à haute tension. La cage est mise au sol ou bien connectée à la basse tension; aussi repose-t-elle sur des tasseaux en porcelaine. Les lectures se font par la méthode de Poggendorff avec des lunettes placées à 1,92 m des miroirs ; l'échelle du wattmètre est horizontale ; celle du voltmètre est verticale ; la graduation de cette dernière est faite en tenant compte que les déviations sont proportionnelles au carré de la tension. On a ainsi réalisé une échelle à lecture directe de 2 à 57 kv, étalonnée aux fréquences de 25 à 60 p : sec.

6. *Ampèremètre.* — Il consiste en un voltmètre multicellulaire de Kelvin, shunté par un rhéostat qui permet d'insérer facilement une résistance quelconque sans ouvrir le circuit.

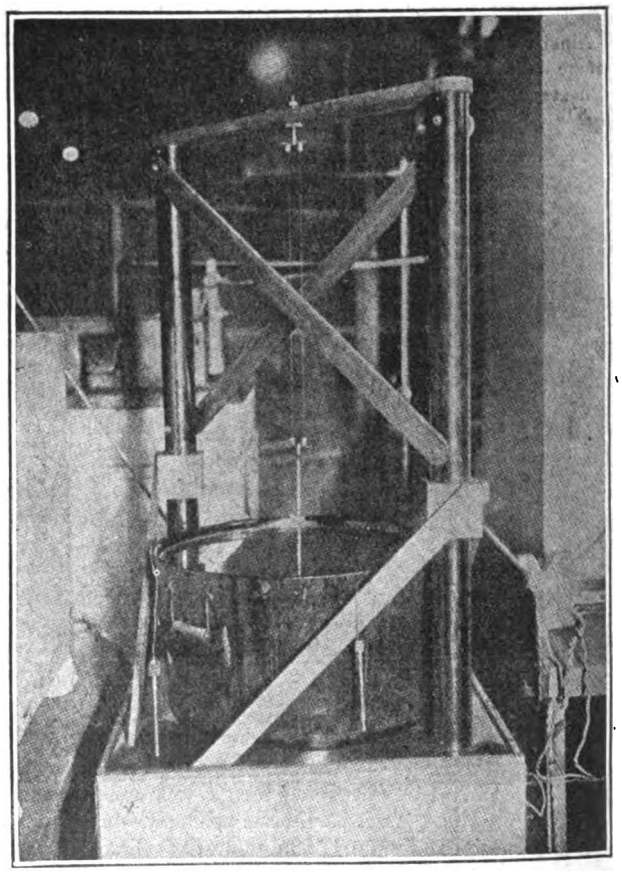


Fig. 6. — Wattmètre en ordre de marche, montrant le récipient à huile, la suspension bifilaire et son support.

7. *Electrodes et bains d'huile.* — L'auteur donne quelques détails intéressants sur cette partie de son appareillage. L'électrode inférieure H. T. de la figure 1 correspond à la haute tension ; elle est formée d'une mince feuille d'acier

Digitized by Google

complètement encerclée d'un tube de laiton destiné à arrondir les bords et repose sur des isolateurs dans le bain d'huile. L'électrode basse tension B. T, qui peut aussi être mise au sol, consiste en un disque épais de fonte entouré d'un anneau de garde auquel échoit la double mission d'écarter les champs parasites et de rendre le champ uniforme dans la partie de l'isolant qui est soumise aux essais. Son diamètre est de 35,687 cm et le diamètre intérieur de l'anneau de garde de 36, 822 cm. Entre les deux règne un intervalle de 0,317 cm. La surface de contact de l'électrode basse tension est de 1 000 cm²; celle de l'anneau de garde de 500 cm². Sur le fil de terre de ce dernier, on insère une résistance telle que les potentiels de l'anneau et de l'électrode soient rigoureusement égaux; on élimine ainsi tout effet corona de la partie de l'échantillon sur laquelle on effectue les mesures.

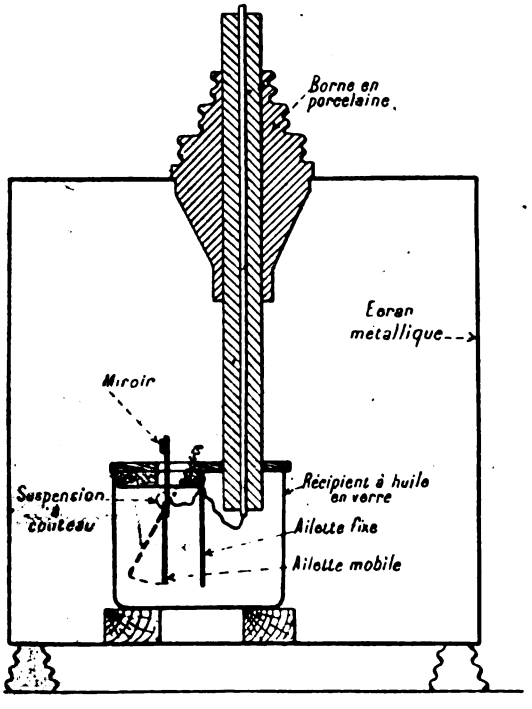


Fig. 7. — Coupe schématique du voltmètre électrostatique employé dans les essais sur les isolants.

Le bac qui reçoit l'éprouvette contient 568 litres d'huile: il est relié à un réservoir d'alimentation. Une pompe permet de transvaser l'huile d'un récipient à l'autre en 10 minutes environ. L'huile du réservoir est chauffée électriquement jusqu'à 135° C. Un dispositif supplémentaire établit une circulation continue de l'huile entre le bac d'essai et le réservoir, ce qui permet de maintenir le premier bain à une température constante.

Avec un levier et des poids, on peut comprimer l'échantillon jusqu'à 0,7 kg : cm². Cette pression, appliquée avant l'admission de l'huile, empêche suffisamment celle-ci de s'interposer entre l'électrode et l'échantillon.

II. Résultats des essais. — M. Skinner signale qu'avec le concours de ses collaborateurs, il a pu relever plusieurs centaines de courbes de pertes, chaque courbe étant déterminée en moyenne par 5 points. Le réglage et l'étalonnage des appareils demande beaucoup de soin; mais une fois l'installation prête, les mesures se font assez rapidement et avec une précision suffisante pour les besoins industriels. Un des aides achève les calculs et trace les courbes relatives à un échantillon, pendant qu'un autre remet en route l'expérience suivante, ce qui demande à peu près 12 minutes. La conduite des bains est l'opération la plus longue et la plus délicate; il est intéressant de remarquer que la constance de la température se reconnaissait à la constance de la résistance d'isolement. Le temps dépend, d'ailleurs, de la nature et de la grosseur de l'échantillon.

Les quelques courbes typiques publiées ci-dessous n'ont d'ailleurs pas la prétention de représenter toutes les variétés si nombreuses de substances isolantes, car les différences entre échantillons d'une même classe sont aussi marquées qu'entre les classes elles-mêmes. Les propriétés d'un isolant dépendent, en effet, à un haut degré, des traitements qu'il a subis. D'une manière générale, on peut dire qu'un isolant est d'autant meilleur que les pertes et le facteur de puissance sont plus faibles et que la résistance d'isolement est plus élevée; il faut aussi que son pouvoir inducteur soit faible, mais ceci n'est pas vrai pour toutes les applications.

1. *Matériaux en planches et blocs tels que presspan, micarta.. etc.* — Le presspan (fullerboard ou pressboard) est largement employé pour l'isolement des gros transformateurs à haute tension. Parfois on le recouvre de vernis ou d'une huile siccative, mais le plus souvent on le dessèche à fond et on l'imprègne avec l'huile même dans laquelle le transformateur est immergé.

La figure 8 résume les résultats obtenus avec un échantillon de presspan de 60 × 60 × 320 cm, desséché, saturé d'huile dans le vide, puis abandonné pendant dix jours

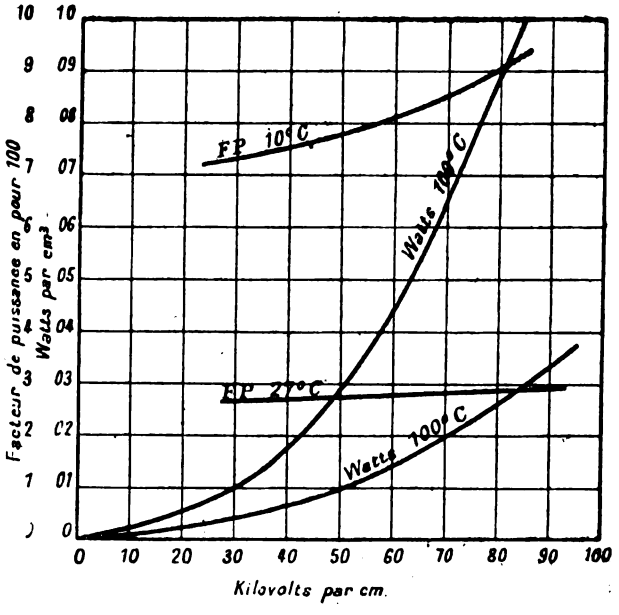


Fig. 8. — Courbes du facteur de puissance et des watts par cm³ en fonction de la tension appliquée, pour un bloc de presspan de 60 × 60 × 320 cm, saturé d'huile, mais soumis aux essais dix jours après ce traitement.

à l'air du laboratoire avant d'être soumis aux essais. Les courbes expriment, pour les deux températures de 27° C et 100° C, les valeurs du facteur de puissance et des pertes diélectriques en watts par centimètre cube ou plus brièvement des watts par centimètre cube de matière en fonction

Digitized by Google

de la tension appliquée, mesurée en kilovolts par centimètre.

A titre de comparaison, nous reproduisons en figure 9 les mêmes courbes relatives à un autre bloc de presspan portant le n° 64, mais de même dimension que le premier ; ce second spécimen a aussi été desséché, puis saturé d'huile dans le vide ; seulement, il a été soumis aux essais dans l'huile aussitôt après avoir été traité.

Il n'est pas douteux que le premier échantillon, bien qu'imprégné à saturation, a dû absorber un peu d'humidité pendant sa temporisation dans le laboratoire et cela a suffi pour altérer sérieusement sa résistance d'isolement aux hautes températures. L'auteur fait remarquer que les essais diélectriques conduits à la manière ordinaire n'auraient indiqué aucune différence entre les deux expériences.

Pour deux blocs de micarta, de mêmes dimensions, 90 × 90 × 230 cm, et numérotés 39 et 44, on a relevé les

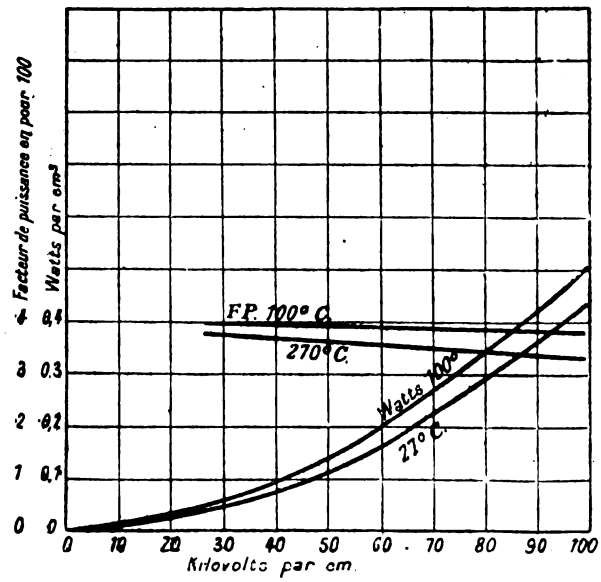


Fig. 9. — Courbes du facteur de puissance et des watts par cm³ en fonction de la tension appliquée, pour un bloc de 60 × 60 × 320 cm, saturé d'huile, mais soumis aux essais immédiatement après traitement.

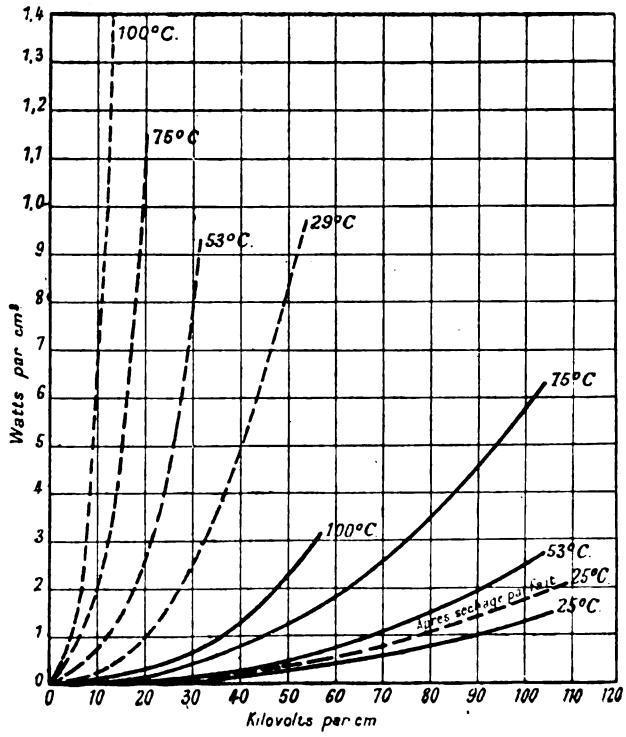
courbes des figures 10 et 11. Les courbes en traits discontinus se rapportent à la plaque n° 39 qui n'avait subi aucune préparation spéciale ; on voit qu'elle est nettement inférieure à la plaque n° 44, courbes continues, mais qu'elle lui redevient comparable après qu'elle a été convenablement traitée.

L'allure même de ces courbes laissait prévoir qu'en remplaçant les nombres ci-dessus par leurs logarithmes, on obtiendrait des lignes droites, au moins dans des limites assez larges. C'est bien ce que montre, en effet, la figure 12 qui dérive des courbes relatives à la plaque de micarta n° 39. La pente des droites watts-tensions augmente avec la température. D'autre part, cette partie rectiligne des courbes répond à la formule

$$W = K E^n,$$

dans laquelle W représente les pertes diélectriques en watts par centimètre cube ; E, la tension d'essai ; K, une constante qui dépend de la température et de la fréquence ; n, un exposant qui dépend du coefficient angulaire de la courbe dans le système de coordonnées logarithmiques.

Aussitôt que la droite commence à s'incurver, ce qui est très visible sur la courbe correspondant à 53°, on est averti qu'il s'est produit une altération dans l'isolant et qu'on



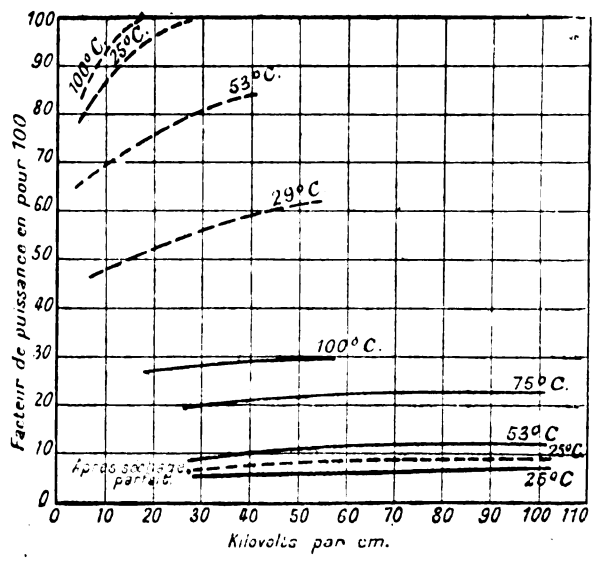


Fig. 10 et 11. — Courbes des watts par cm³ et du facteur de puissance relatives à deux plaques de micarta, n° 39 courbes en traits, n° 44 courbes continues, dont la première n'a pas subi de traitement spécial. La courbe en traits inférieure montre l'amélioration réalisée pour cette plaque n° 39 par un séchage complet.

risque de le faire claquer par une application prolongée de la tension correspondante ; mais on a pu cependant obtenir quelques autres points en appliquant des tensions supérieures pendant quelques secondes seulement : on constate

Digitized by Google

que les pertes diélectriques croissent rapidement avec la tension.

Les mesures aux températures supérieures à 53° ont été faites à des tensions plus faibles. Le point critique de

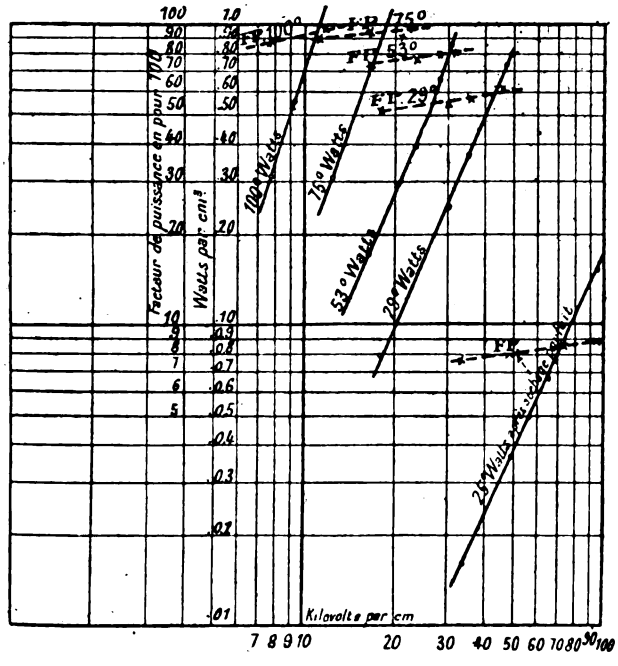


Fig. 12. — Droites obtenues en portant en ordonnées les logarithmes des pertes et du facteur de puissance et en abscisses, les logarithmes des kilovolts appliqués ; micarta n° 39.

claquaque se déduit plus facilement en construisant la courbe logarithmique. Ici l'auteur reproduit tout un réseau

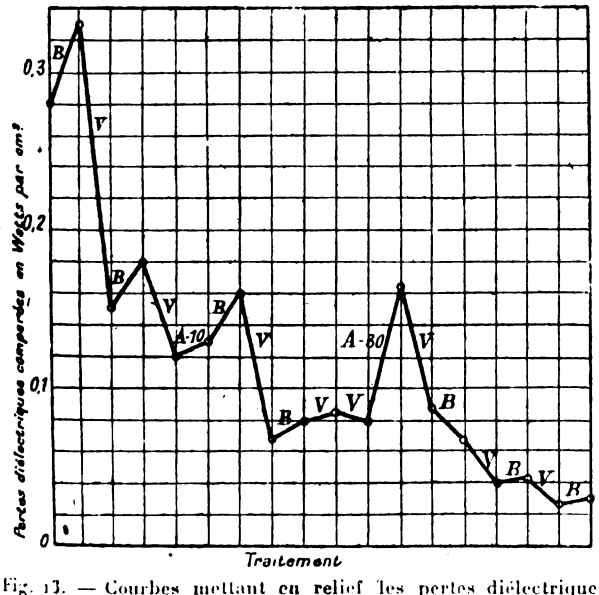


Fig. 13. — Courbes mettant en relief les pertes diélectriques subies par une plaque en alternant les traitements.

de courbes logarithmiques relevées sur deux espèces de micarta, en planches de 0,27 mm d'épaisseur ; elles montrent nettement l'incurvation présageant la disrupture.

La figure 13 est très intéressante en ce qu'elle fait ressortir les variations que subissent les pertes diélectriques quand on impose à un échantillon une série de traitements variés. La partie B correspond à un chauffage au four ; V, à un séchage dans le vide ; A, à un vieillissement à l'air dont la durée est indiquée par le nombre contigu. Finalement, on est arrivé à réduire les pertes à environ 0,03 w : cm³ d'isolant.

On n'a pas fait de mesures sur la résistance d'isolement, mais il est fort probable que l'effet des traitements serait encore plus sensible, surtout aux hautes températures. Quoi qu'il en soit, la mesure des pertes reste toujours le meilleur critérium pour juger de la qualité d'un isolant.

1. *Appareils fabriqués.* 2. *Bornes type condensateur.* — Rappelons que ces isolateurs sont constitués par des tubes

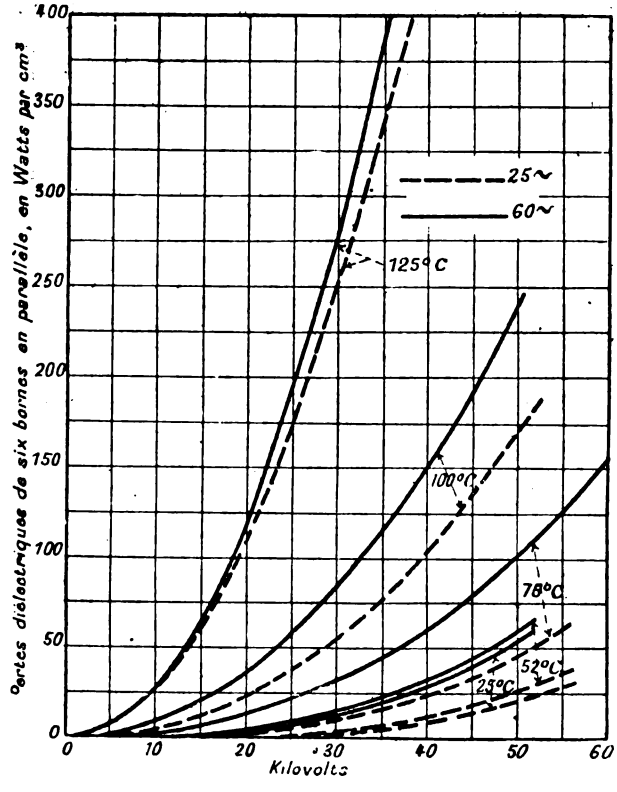


Fig. 14. — Pertes diélectriques en fonction de la tension d'une batterie de six isolateurs type condensateur en parallèle. Les courbes en traits correspondent à la fréquence de 25 p : sec ; les courbes continues, à 60 p : sec.

de micarta alternant avec des tubes métalliques, dont la longueur, le diamètre et l'épaisseur sont choisis de telle façon que les couches successives aient même capacité électrostatique. Comme leurs pertes diélectriques et leur facteur de puissance sont très faibles quand ils fonctionnent à leur tension normale de régime, on a couplé six isolateurs en parallèle pour déterminer les pertes ; la répétition des mesures sur cinq isolateurs en parallèle a permis de constater que les pertes sont identiques pour chaque isolateur considéré individuellement.

Les courbes de la figure 14 représentent les pertes diélectriques en fonction de la tension d'une batterie de six bornes type condensateur, travaillant normalement à 44 000 v, mais soumises à 25 000 v seulement pour les essais. On a opéré aux fréquences de 25 et 60 p : sec. A cette dernière fréquence et en admettant qu'en service nor-

Digitized by Google

mal sous 45000 v leur température ne dépasse jamais 75°, la perte par élément n'excédera jamais 10 w et à peine 3 à 4 w à 25 p: sec. Au-dessous de 75°, les pertes sont proportionnelles à la fréquence et elles croissent rapidement, avec la tension, au-dessus de 100°.

Les courants de capacité de cette même batterie sont d'environ 1,5 milliampère à 60 p : sec et 0,55 milliampère à 25 p : sec, jusqu'à 75° C; au-dessus de cette dernière température, ils croissent assez vite. D'ailleurs, la figure 15 reproduit les variations du courant décharge en fonction de la température, pour ces deux fréquences et à 25 000 v. Si l'on porte, d'autre part, en ordonnées les logarithmes des résistances d'isolement mesurées à 10000 v continus et en abscisses, les logarithmes des températures, on obtient une droite montrant que cette résistance tombe de 10^{12} à 10^{7} ohms pour un saut de température de 25° à 125° C, c'est-à-dire qu'elle est devenue 100000 fois plus faible.

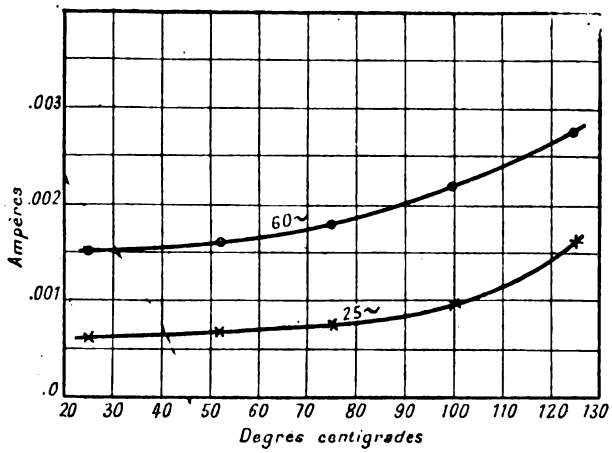


Fig. 15. — Courants de charge en fonctionde la température de la batterie ci-dessus, à 25 000 v et aux fréquences 60 et 25 p : sec.

Cette variation de la résistance d'isolement est si considérable que les pertes correspondantes ne peuvent plus être considérées comme des pertes diélectriques proprement dites ; c'est pourquoi les pertes à 125° sont identiques pour les fréquences 60 et 25 p: sec. La température maximum en service est de 75° C, la résistance d'isolement est alors de 10 000 mégohms.

Nous ne reproduisons aucune des courbes donnant les pertes diélectriques et le facteur de puissance en fonction de la température pour cette même batterie. Nous indiquerons seulement que c'est à partir de 80° C que les valeurs de ces deux grandeurs commencent à devenir importantes. A noter encore que, pour la fréquence 25 p : sec, les pertes deviennent 15 fois plus fortes quand on passe de 25° à 100° C; elles ne sont que six fois plus fortes à la fréquence de 60p : sec.

Remarque. — Si l'on se reporte à la figure 12 qui donne les courbes logarithmiques des pertes et du facteur de puissance relatifs au bloc de micarta n° 39, on constate que la droite correspondant à la température de 100° C a un coefficient angulaire égal à 2.8 et un facteur de puissance qui tend vers l'unité ; tandis qu'à 29° C le coefficient angulaire est 2, 4 et le facteur de puissance beaucoup plus faible que dans le premier cas. Or nous avons indiqué plus haut qu'aux températures élevées cet isolant se rapproche beaucoup d'un corps conducteur et alors on doit se demander pourquoi le coefficient angulaire de la courbe des watts ne se rapproche-t-il pas de 2 alors que le facteur de puissance tend vers l'unité, puisque, dans les corps bons conducteurs, les pertes sont fonction du carré de la tension.

La réponse est bien simple : cette matière ne constitue jamais un conducteur parfait alors même que son facteur de puissance est voisin de 1. Il est de notoriété, en effet, que, pour beaucoup de substances isolantes, on trouve une résistance ohmique décroissante quand on effectue les mesures avec une tension de plus en plus élevée. En figure 16, nous reproduisons les résultats obtenus sur deux substances assez différentes l'une de l'autre : la résistance d'isolement de la planche n° 62 de micarta décroît, celle d'une borne condensateur reste constante quand on augmente la tension qui sert aux mesures.

Dans les deux cas, on trouve des facteurs de puissance relativement considérables, ce qui est une des conséquences des températures élevées auxquelles ont été pratiquées les deux séries de mesures; de plus, on constate que le facteur de puissance de la borne condensateur est constant, tandis que celui du micarta croit en fonction de la tension

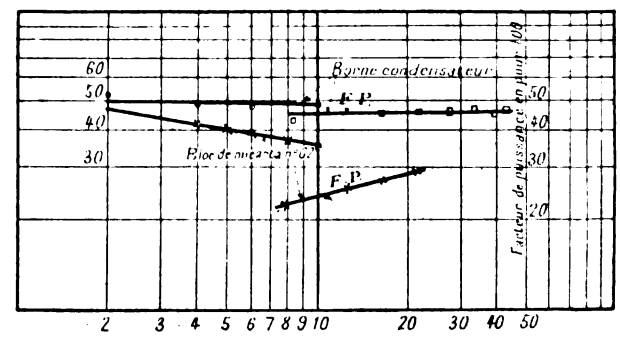


Fig. 16. — Graphiques montrant la différence d'allure de la résistance d'isolement et du facteur de puissance de deux isolants en fonction de la tension appliquée.

et à peu près dans la même proportion que sa résistance d'isolement décroît.

L'auteur revendique la priorité de la découverte de cette relation entre la résistance d'isolement et le facteur de puissance, relation qui ne tient d'ailleurs qu'autant que les facteurs de puissance sont supérieurs à 15 ou 20 pour 100. On ne l'a pas vérifiée, en effet, avec les isolants à bas facteurs de puissance. Il fait remarquer aussi que la planche de micarta n° 62 a été choisie parmi les nombreuses variétés d'isolants dont la fabrication demande encore beaucoup de perfectionnements ; depuis, il est parvenu à améliorer ce type de micarta au point que sa résistance d'isolement et son facteur de puissance sont à peu près indépendants de la tension.

3. *Transformateurs.* — Les essais ont porté sur un lot de cinq transformateurs à noyaux, A, B, C, D et E catalogués.

	Kv-a	Volts. H.T	Volts. B.T	Fréquences en p : sec
A	160	6 600	440	60
B	100	22 000	2 400	60
C	50	13 000	220	60
D	25	19 000	440	60
E	25	33 000	2 400	25

On a toujours mesuré la résistance d'isolement entre l'enroulement primaire et l'enroulement secondaire; ce dernier était connecté à la masse, c'est-à-dire au noyau.

Digitized by Google

Les variations de température étaient réalisées en chargeant le transformateur dans les conditions même de l'essai et déterminées d'après les variations de la résistance. On ne faisait aucune mesure des pertes avant que les indications des thermomètres plongés dans l'huile du transformateur ne fussent d'accord avec les températures déduites des résistances. On s'assurait aussi que l'huile était toujours

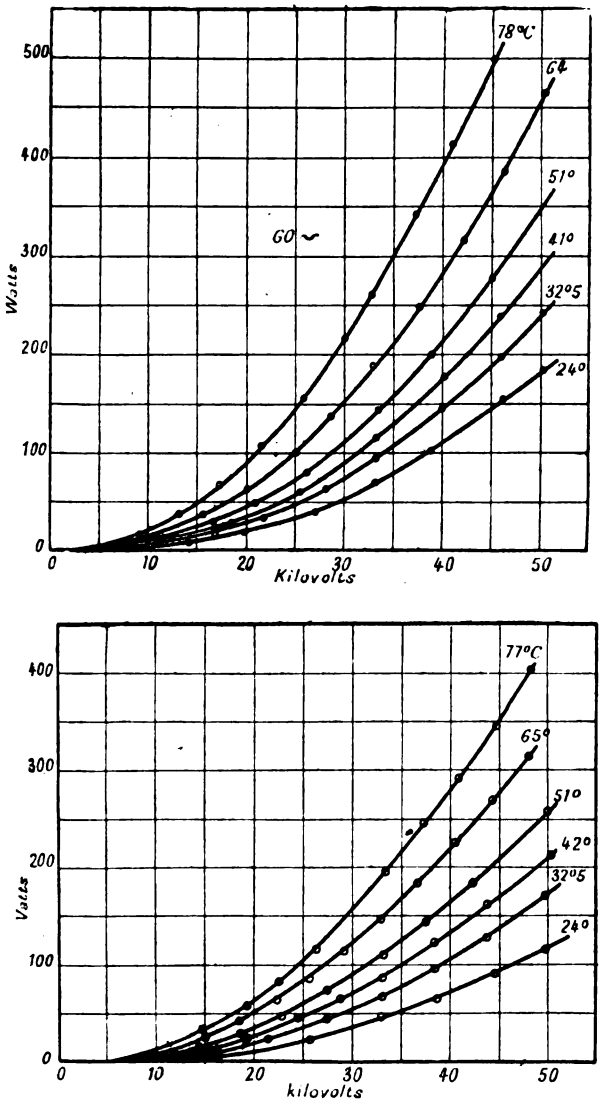


Fig. 17 et 18. — Courbes des pertes diélectriques d'un transformateur de 25 kv-a, 33 000/2 400, en fonction de la tension, pour les fréquences 60 et 25 p : sec. La tension est appliquée entre le primaire et le noyau connecté au secondaire.

dans de bonnes conditions d'isolement. Il ne faut pas perdre de vue que les résultats publiés ici se réfèrent uniquement à la machine essayée, mais ne sont pas susceptibles d'extensions à d'autres appareils du même type; ce sont des renseignements qui représentent plutôt l'allure générale du phénomène.

Enfin le chiffre des pertes relevé dans ces expériences atteint à peine le tiers de celui qu'on obtiendrait en service normal où la tension totale serait appliquée aux bornes de l'enroulement primaire seules; ces pertes, en service, dépendent des connexions et aussi de l'isolement et sont régies par la formule $W = KE^n$.

Les figures 17 et 18 représentent les pertes en fonction de la tension pour le transformateur E, à différentes températures et aux fréquences 60 et 25 p : sec. Les courbes ont bien l'aspect caractéristique des courbes de pertes. Le facteur de puissance croît très vite avec la température et presque linéairement aussi bien à 60 qu'à 25 p : sec; il en est de même très sensiblement des pertes. Pour celles-ci, les courbes logarithmiques des pertes en fonction de la tension sont rigoureusement des droites entre les limites de températures essayées, c'est-à-dire entre 24° et 78° C. Donc, pour les transformateurs, on peut admettre que la relation $W = KE^n$ est encore vérifiée.

Utilisant les résultats de ses expériences, l'auteur a cherché comment n et K variaient avec la température; sur les courbes tracées on lit que n décroît de 2,45 à 2,16 et que K croît de 0,024 à 0,150 quand la température passe de 24° C à 78° C.

III. — Conclusion. — De tout ce qui précède, il ressort nettement que la mesure des pertes diélectriques constitue un adjuvant précieux pour les fabricants auxquels elle fournit d'utiles indications sur les isolants au cours de leur préparation. M. Skinner est parvenu ainsi à perfectionner un certain nombre de produits et c'est d'après sa propre expérience qu'il recommande aux industriels de mettre sa méthode en pratique concurremment avec les essais ordinaires de rigidité diélectrique et de résistance d'isolement, ceux-ci s'adressant aux objets finis ou aux appareils prêts pour la vente.

Les nombres rapportés ci-dessus sont bien ceux donnés par les mesures; ils n'ont toutefois rien d'absolu et l'auteur insiste encore sur ce fait qu'ils indiquent seulement la nature des résultats et la forme des courbes que l'on peut attendre des essais de ce genre. La seule conclusion certaine qui se dégage jusqu'ici et que l'auteur croit pouvoir ériger en loi, c'est que les substances imprégnées de vernis et autres compounds, qui exigent un séchage ou un traitement ultérieur quelconque, subissent des pertes diélectriques beaucoup plus élevées que si elles étaient saturées d'un isolant liquide, comme l'huile de transformateur. Cette influence du séchage, en particulier, explique bien pourquoi les appareils électriques sont dans leurs plus mauvaises conditions au moment de leur mise en service; car l'isolant s'améliore par le fonctionnement même, mieux que pendant sa fabrication.

Enfin, on constate que les pertes diélectriques des transformateurs sont minimes en comparaison des pertes dans le fer et le cuivre; elles sont même négligeables au point de vue du rendement de l'appareil, ce qui démontre que tous les isolants, avec plus ou moins de pertes, remplissent toujours le but pour lequel ils sont employés. B. C.

Accroissement de pression dans le phénomène des couronnes (1).

Farwell et Kunz ont signalé qu'au moment où apparaît le phénomène des couronnes entre un fil et un cylindre ayant le fil pour axe, la pression du gaz augmente subitement dans le tube. On a pensé généralement que cet accroissement de pression ne pouvait pas être dû à la chaleur dégagée à cause du caractère instantané de son apparition et à

(1) Earle H. Warner. *Physical Review*, novembre 1917, 2e série, t. x, p. 483-489, 2 700 mots, 9 fig.

Digitized by Google

cause de la rapidité avec laquelle elle disparaît aussitôt qu'on supprime la différence de potentiel entre le fil et le cylindre. Comme les seules théories qui ont été émises pour expliquer le phénomène des couronnes l'assimilent à un phénomène d'ionisation, il a semblé raisonnable de supposer que cet accroissement de pression était dû à l'accroissement du nombre des particules gazeuses dans le tube; aussi l'a-t-on désigné sous le nom de pression d'ionisation.

Dans un travail récent, H.-D. Arnold (*Phys. Rev.*, janv. 1917) a prétendu que l'accroissement de pression pouvait s'expliquer entièrement comme un effet de la chaleur Joule et que l'hypothèse qui l'attribue à une ionisation est insoutenable.

C'est ce que réfute à son tour M. Earle H. Warner dans le travail que nous analysons.

Afin d'établir que l'accroissement de pression n'est pas dû à la chaleur, il a effectué une série d'expériences comparatives dans lesquelles il a déterminé l'accroissement de pression produit : 1° par la production de couronnes sur le fil; 2° par échauffement du fil central. L'accroissement de pression observé dans la première série d'expériences est désigné sous le nom d'accroissement dû aux couronnes et celui fourni par la deuxième série, sous le nom d'accroissement dû à la chaleur.

Les résultats de ses expériences établissent : 1° que l'accroissement de pression dû au phénomène des couronnes apparaît et disparaît beaucoup plus vite que celui dû simplement à la chaleur; 2° que la chaleur, dans la décharge en couronnes, ne devient un facteur important que plusieurs secondes après que les couronnes ont apparu; 3° qu'à égalité de puissance mise en jeu, l'accroissement de pression dû aux couronnes n'est que la moitié environ de l'accroissement de pression dû à la chaleur; 4° qu'au moment où apparaissent les couronnes, on observe une diminution de la température du gaz contenu dans le tube, à une faible distance du fil central. Reprenant l'équation

$$ki = \frac{v_0}{e}(p_1 - p_0) = \text{Cte}$$

déduite de la théorie de Kunz, où i désigne le courant coronal, v_0 le volume du tube, e la différence de potentiel entre le fil et le tube, $p_1 - p_0$ l'accroissement de pression, k une constante et p_0 la pression initiale, M. Warner montre que l'accroissement du courant i que révèle l'expérience, quand on abaisse la pression initiale p_0 à différence de potentiel e constante, est en bon accord avec la relation précédente.

A. B.

Etude sur les transformateurs de traction (1).

L'auteur étudie les transformateurs employés pour la traction des chemins de fer en courant monophasé, au point de vue de leurs dimensions. Il rappelle d'abord que, pour les moteurs, la puissance utile est sensiblement proportionnelle au volume du rotor. Il n'en est pas de même pour les transformateurs monophasés. Leur puissance apparente peut en effet s'écrire : $EI = 4{,}44\, f B S_f N I \text{ to}^{-8}$, S_f étant la section du noyau de fer, B l'induction, NI le nombre d'ampères-tours. D'autre part la section totale du cuivre est : $S_c = 2\frac{I}{\delta}N$, δ étant la densité du courant. On a donc pour une fréquence une induction et une densité de courant données

$$EI = K_1 S_f S_c$$

L'auteur montre que cette formule peut être remplacée par celle ci : $EI = kV^{\frac{4}{3}}$ ou encore $V = C(EI)^{\frac{3}{4}}$ qui montre que que le volume par unité de puissance apparente V_1 diminue quand celle-ci augmente :

$$V_1 = \frac{C}{\sqrt[4]{EI}}.$$

On a donc intérêt, au point de vue du volume et du poids, à placer le transformateur sur une locomotive, au lieu de disperser la transformation sur des automotrices. Pour la fréquence usuelle de 15 à 16 p : sec, la constante C est égale à 3,5 pour les transformateurs soufflés ou à bain d'huile à refroidissement naturel. La figure 1 donne la valeur de V_1

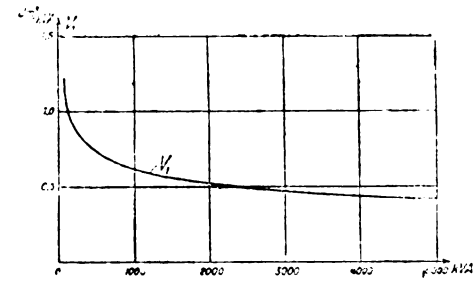


Fig. 1.

en fonction de EI puissance apparente. Pour les transformateurs à circulation d'eau ou d'huile, ces valeurs doivent être diminuées de 20 à 30 pour 100. Quant au courant magnétisant, l'auteur montre qu'il est proportionnel aux pertes dans le fer, et pratiquement indépendant des dimensions du transformateur, pourvu que la fréquence, l'induction et la densité du courant, c'est-à-dire, en somme, le type de l'appareil, restant les mêmes : $i_m = C_m W_f$. La figure 2 donne les valeurs de C_m en fonction des kilovolts-ampères.

Mais la valeurs de W_f en pour 100 de la puissance apparente doit diminuer quand celle-ci augmente. L'auteur indique les valeurs suivantes comme les plus favorables.

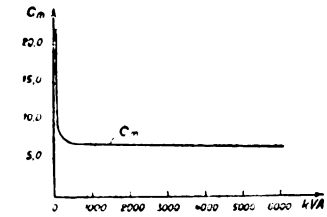


Fig. 2.

Puissance apparente en kv-a.	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
Pertes dans le fer en pour 100	0,60	0,56	0,52	0,48	0,44
Pertes dans le cuivre en pour 100	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1

On voit que le rapport des pertes dans le fer à celles dans le cuivre est constant et égal à 0,4. La condition du rendement maximum, pour laquelle ce rapport serait égal à 1, conduirait à des pertes à vide inadmissibles pour des appareils destinés à rester presque constamment sous tension. L'auteur déplore, en terminant, que les constructeurs ne donnent aucun chiffre précis sur les transformateurs de traction, alors qu'ils le font sans difficulté pour les moteurs.

J. C.

(1) Dr W. Kummer. *Schweizerische Bauzeitung*, 10 mars 1917, t. LXIX, n° 10, p. 105-109, 4000 mots, 5 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Des transports aériens pour la manutention des matières premières dans l'industrie (*Suite et fin*)

Dans cette dernière partie (1), *nous serons obligés de donner quelques figures d'appareils construits en Allemagne où les transports aériens ont pris une importance très grande. Nous attirons toutefois l'attention des industriels sur la possibilité qu'ils ont de se procurer en France des appareils donnant les mêmes avantages et de construction aussi soignée. En favorisant l'Industrie française, pour la construction de ces installations, on créera des débouchés nouveaux qui sont la source de richesse pour un pays.*

Dispositif de pinçage du câble tracteur. — Dans les diverses installations que nous avons décrites précédemment il n'est pas toujours possible d'installer la ligne des câbles sans déviation. Ces déviations sont nécessitées par des raisons de disposition de bâtiments ou autres.

Pour passer dans ces déviations il est nécessaire que les wagonnets soient construits de telle façon, que le câble tracteur ne s'écarte pas outre mesure de la poulie d'angle afin d'éviter une trop grande tension du câble qui a pour effet un balancement assez important de la charge et qui en outre tend à décrocher le câble du chariot.

Nous allons examiner les différents types de chariots qui ont été construits et qui sont presque tous basés sur le même principe du pinçage du câble par le poids de la charge.

Nous ne parlerons pas des appareils utilisés autrefois et qui sont aujourd'hui complètement abandonnés ; dans ces appareils, en effet, pour monter des rampes supérieures à 25 pour 100, on munissait le câble tracteur de manchons servant de butée et permettant d'assurer l'ascension.

Pour ce dispositif, on avait soin de placer le premier pylône assez peu distant des stations de façon à éviter de créer une pente de retour en surélevant légèrement ce pylône; de cette façon, lorsqu'un wagonnet se décrochait du câble, il revenait à la station de départ.

Le premier perfectionnement apporté à cet appareil date de 1885 et fut imaginé par la maison Pohlig qui le construit encore de nos jours.

Cet appareil est muni d'une vis à filet très peu incliné, au bout de cette vis est claveté un levier muni d'un contrepoids qui assure le pinçage du câble et qui est représenté par la figure 26.

Pour le décrochage, le galet servant de contrepoids s'engage sur un guide incliné qui fait décrire au levier un arc de cercle suffisamment grand pour ouvrir la pince mobile et permettre ainsi au câble de se dégager ; ce dernier est dévié de manière à assurer le décrochage absolu et le wagonnet est rendu libre.

(1) Pour les premières parties voir *R. G. E.*, 2 et 16 février 1917, t. III, p. 184 et 243.

Ce dispositif a toutefois l'inconvénient de produire une pression toujours constante sur le câble tracteur, quelle que soit la charge à transporter.

Dans les dispositifs employés actuellement par tous les constructeurs, la pression sur le câble tracteur est

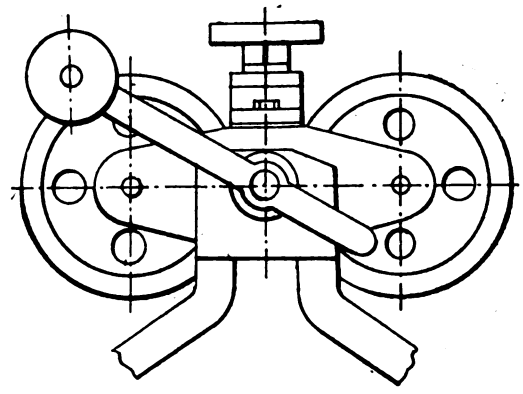


Fig. 26. — Appareil de pinçage du câble système Pohlig.

obtenue par le poids de la charge à transporter, ce qui est plus rationnel.

Un des premiers appareils construits suivant ce dernier principe est représenté par la figure 27; il fut établi par la maison Beer en Belgique qui l'emploie encore de nos jours pour des installations où il n'existe que de faibles pentes.

Les flasques du chariot sont en acier moulé et à l'intérieur glisse un piston dont la partie supérieure en forme de V vient serrer le câble sur la mâchoire inférieure de même forme ; à la partie inférieure du piston est placé un axe sur lequel oscille la suspension de la benne dont le poids agit directement.

Le décrochage s'effectue au moyen de deux galets qui s'engagent sur deux cornières dont l'inclinaison est suffisante pour soulever le piston et rendre le câble tracteur libre pour sa sortie des mâchoires.

Afin de permettre une ascension de rampes plus fortes, la maison Bleichert a construit un appareil basé

Digitized by Google

sur le même principe que le précédent, mais en multipliant la valeur du pinçage par un levier à branches inégales et que nous représentons par la figure 28.

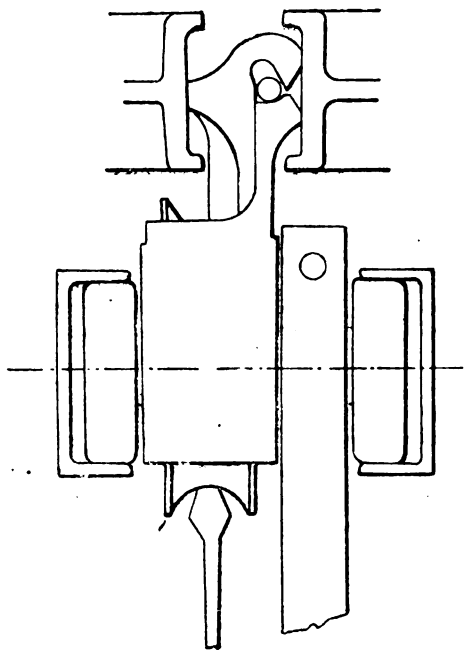
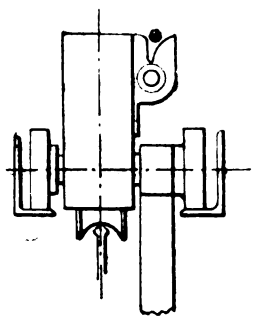


Fig. 27. — Appareil de pinçage du câble par le poids de la charge, système de la maison Beer.

Dans cet appareil, le piston est relié au levier par une vis rainurée qui imprime au levier un mouvement de bascule de manière à appuyer l'autre branche du levier sur le câble tracteur qui de ce fait est pincé contre la mâchoire fixe.

Pour l'ouverture de la pince, lors du décrochage, deux galets sont prévus sur l'axe de la suspension de la benne.

Ces deux galets s'engagent sur des cornières inclinées



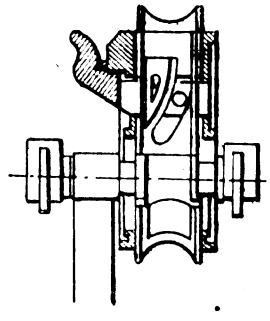


Fig. 28. — Appareil de pinçage du câble, système Bleichert.

Fig. 29. — Appareil de pinçage du câble tracteur, système Ceretti et Tanfani.

et se soulèvent en agissant sur le levier de la pince.

Cette disposition permet, comme on voit, un pinçage plus énergique du câble tracteur, ce qui est nécessaire lorsque l'on a à transporter des charges importantes; toutefois, étant donnée la disposition des poulies d'angle dans les stations, ce type de chariot ne peut pas passer dans les courbes sans écarter outre mesure le câble tracteur de la poulie, ce qui est un inconvénient sérieux.

La figure 29 qui représente un appareil construit par la Maison Ceretti et Tanfani a l'avantage d'être à serrage beaucoup plus énergique que le précédent, mais l'inconvénient signalé plus haut subsiste en ce qui concerne le passage dans les stations d'angle.

Pour obvier à cet inconvénient, la maison Farcot a étudié un appareil, mais ce dernier étant la propriété de la maison Heckel a été construit par cette dernière qui, d'ailleurs, avant la guerre, de même que toutes les firmes allemandes, était parvenue à introduire ses appareils en France par l'intermédiaire de constructeurs français.

Cet appareil, représenté par la figure 30, est spécialement construit pour le passage dans les courbes à droite et à gauche, il agit également sur le câble tracteur par l'action directe de la charge.

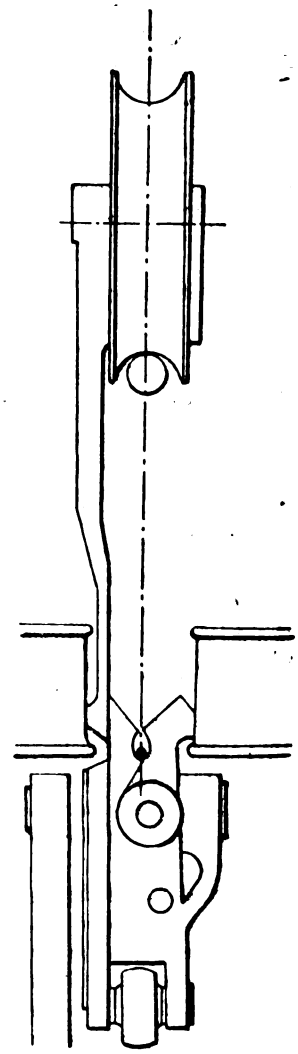


Fig. 30. — Appareil de pinçage du câble tracteur, système Farcot

Tous les appareils qui viennent d'être décrits possèdent un inconvénient sérieux que nous allons examiner.

Lorsque avec des appareils de ce genre, de même qu'avec tous les autres, on doit monter des pentes dépassant 20 à 30°, le wagonnet, suivant la pente sur laquelle roulent les galets du chariot, il en résulte que la suspension de la charge étant articulée au chariot, reste toujours verticale, la charge n'agit donc plus entièrement pour produire le pinçage du câble tracteur.

En effet, la force nécessaire au pinçage étant normale à la voie, une partie de cette force agit parallèlement à la voie et est annulée par les flasques du chariot.

Comme pour monter sur des pentes il est nécessaire d'obtenir un pinçage plus énergique qu'en palier, on est forcé, avec ces appareils de n'adopter que des pentes ne

Digitized by Google

dépassant pas 20 à 25°, ce qui oblige à construire des stations très longues et par conséquent très coûteuses.

Comme il n'est pas toujours possible, vu le manque de place, d'adopter des stations de grande longueur, il faut donc avoir recours à des appareils qui permettent de gravir des pentes dont l'angle d'inclinaison puisse atteindre 40 à 45°, tout en gardant un pinçage suffisant pour assurer l'entraînement du wagonnet avec sécurité.

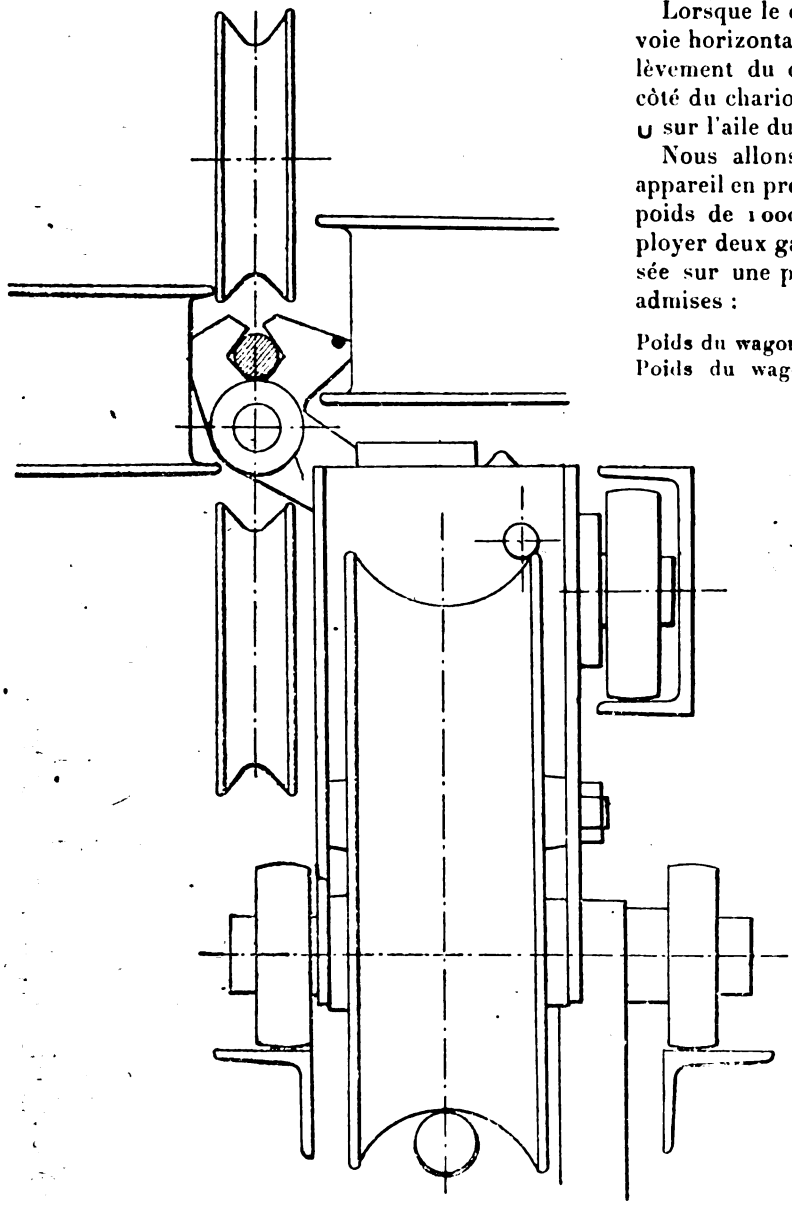


Fig. 30 *bis*. — Appareil de pinçage du câble tracteur, système Séba.

L'auteur de la présente étude a fait breveter un appareil permettant de passer dans les courbes des stations d'angle à droite ou à gauche et de monter en outre des pentes de 45° et plus.

Cet appareil, représenté par la figure 30 *bis* pour la disposition du câble tracteur au-dessus, peut être employé avec câble en dessous.

Le décrochage du câble s'obtient par l'intermédiaire des deux galets tournant sur l'axe de la suspension.

Ces galets s'engagent sur deux guides inclinés qui produisent le soulèvement de la charge et l'ouverture de la pince mobile.

Lorsque le chariot s'engage dans la courbe reliant la voie horizontale à la voie en pente, pour éviter le soulèvement du chariot, un galet guide est prévu sur le côté du chariot; ce galet roule à l'intérieur d'un fer à ∪ sur l'aile duquel se produit la réaction.

Nous allons examiner l'efficacité du pinçage de cet appareil en prenant, comme charge utile transportée, le poids de 1 000 kg, charge pour laquelle on peut employer deux galets au chariot; cette charge est supposée sur une pente de 50° et les données suivantes sont admises :

Poids du wagonnet vide avec chariot..... $P_0 = 491$ kg.
Poids du wagonnet plein avec chariot
$1\,008 + 491 = P_1 = 1\,491$ kg.
Inclinaison de la voie sur l'horizontale..... $T = 50°$
Résistance au roulement..... $u = 0{,}02$ kg.
Poids du wagonnet vide sans chariot..... $Q = 400$ kg.
Poids du wagonnet plein sans chariot..... $Q_1 = 1\,400$ kg.

Première hypothèse. — Le wagonnet vide est sur une pente de 50°.

Cherchons d'abord la somme des résistances qui s'opposent à l'avancement du chariot, nous aurons

Composante parallèle au câble tracteur.. $P_0 \times \sin \alpha = 373$ kg,
Résistance à l'avancement..... $P_0 \times u = 10$ kg.
Résistance totale..... $R_2 = 373 + 10 = 383$ kg.

Pour vaincre cette résistance il faudra produire, sur le câble tracteur, une pression suffisante pour obtenir un frottement du câble dans la pince capable d'entraîner le wagonnet; en admettant les données suivantes :

Le rayon de la courbe de liaison de la voie horizontale à la voie en pente, le wagonnet étant supposé dans cette courbe, ce qui donne la position la plus défavorable; est supposé égal à... 7m.
Angle d'inclinaison des brins du câble tracteur..... $\alpha_1 = 25°$
Tension du câble tracteur à la station considérée..... $T = 2\,260$ kg.
Résultante des tensions des deux brins

$$R_0 = 2T \frac{\sin \alpha_1}{2} = 1\,117 \text{ kg.}$$

Digitized by Google

Angle d'inclinaison des surfaces d'appui de la pince..... $\alpha_2 =$ 45°
Tension horizontale tendant à ouvrir la pince..... $H =$ 1 117 kg.
Coefficient de frottement du câble dans la pince..... $u_1 =$ 0,3
Coefficient de sécurité tenant compte des chocs et du balancement..... $A =$ 1,4
Effort à produire sur le câble $N = \frac{R_2 \times 1,4}{u_1} =$ 1 788 kg.
Pression normale à produire par la pince
$h_1 = \sqrt{447^2 + 447^2} =$ 632 kg.
Effort total à produire par la pince
$1\,117 + 632 = H =$ 1 749 kg.

Tel est l'effort qu'il faut équilibrer par une disposition de leviers agissant sur la pince pour produire le serrage du câble.

Nous allons voir que la disposition des organes du système de la figure 30 *bis* est capable de produire cet effort.

La pente sur laquelle se trouve le wagonnet est 50°
Charge normale agissant sur la pente wagonnet vide donc..... $Q_1 = Q \times \cos \alpha =$ 256 kg.
Valeur de la composante parallèle à la voie
$Q \sin \alpha =$ 306 kg.
Rapport des bras de levier de la pince $r = \frac{L}{l} =$ 1,2
Angle du coin de pression..... $\beta =$ 22°
Effort produit par la charge Q horizontalement..... $Q \times 1,2 =$ 307 kg.
Pression à produire par $Q \sin \alpha = 1\,749 - 307 =$ 1 442 kg.
Rapport des bras de levier de la suspension..... $r_1 =$ 4,3
Effort vertical produit sur le piston par l'action de la force horizontale $306 \times 4,3 =$ 1 315 kg.
Le rapport des bras de leviers étant depuis le piston jusqu'à la pince de..... 3
L'effort de pinçage dû à la force $Q \sin \alpha$ sera
$1\,315 \times 3 =$ 3 945 kg.
En déduisant le frottement du piston qui est
$3\,945 \times 0,3 =$ 1 093 kg.
Il reste comme pression sur le câble $3\,945 - 1\,093 =$ 2 862 kg.
Le pinçage sera donc exercé par une force de
$2\,862 + 307 =$ 3 169 kg.
Or comme l'effort total déterminé plus haut est 1 749 kg.
L'excédent pour l'effort de pinçage sera
$3\,169 - 1\,749 =$ 1 420 kg.
Nous avons vu que le coefficient de sécurité admis ..... = 1,4
Il faudrait donc, pour observer cette sécurité, un effort qui soit au moins égal à $1\,749 \times 1,4 =$ 2 340 kg.
Or nous obtenons avec le dispositif une charge de..... 3 169 kg.
ce qui est plus que suffisant.

Comme on peut le remarquer par l'exposé ci-dessus, la charge réelle agissant toujours verticalement ne compte que pour une faible partie dans l'effort de pinçage du câble, tandis que la force parallèle à la voie produit un effort très considérable.

Cette disposition permet de gravir des pentes très fortes, contrairement à tous les autres dispositifs qui sont basés sur le poids de la charge mais qui n'utilisent pas la force parallèle à la voie.

Le point le plus important dans ces appareils étant l'obtention d'un serrage variant d'intensité avec la pente à gravir et diminuant au fur et à mesure que la voie se rapproche de l'horizontale, on voit que le système décrit ci-dessus réalise la condition du serrage proportionné à l'effort à produire.

Suspensions et bennes. — Nous allons examiner maintenant les différents types de suspensions ainsi que la forme des wagonnets actuellement en usage.

Les suspensions ne diffèrent entre elles que par la façon de construire le point d'articulation qu'a adoptée chaque constructeur et aussi par le mode d'entretoisement des bras.

Nous donnons, figures 31, 32 et 33, les trois types généralement employés et qui donnent entière satisfaction pourvu que l'on tienne compte dans leur construction de certaines remarques faites dans la pratique.

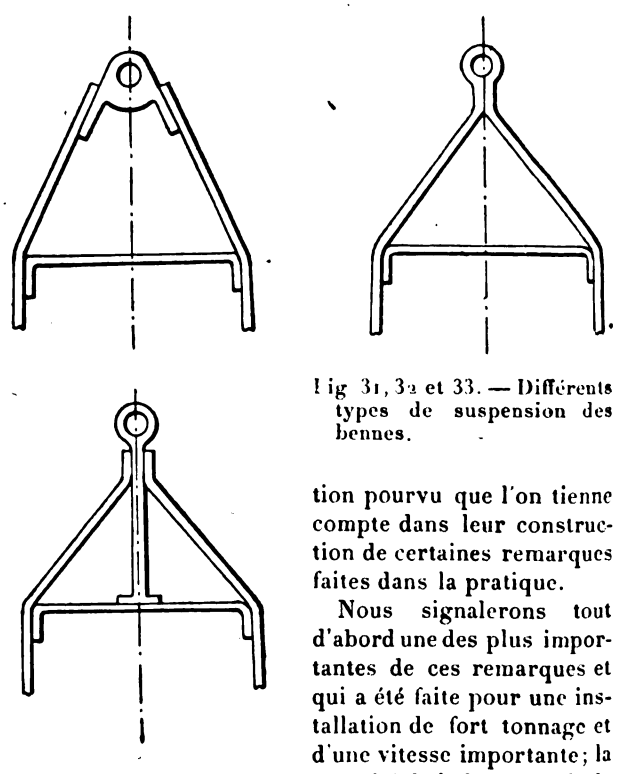


Fig. 31, 32 et 33. — Différents types de suspension des bennes.

Nous signalerons tout d'abord une des plus importantes de ces remarques et qui a été faite pour une installation de fort tonnage et d'une vitesse importante; la capacité de la benne était de 1 500 l et la vitesse du câble tracteur était de 2,500 m : sec.

A l'arrivée à la station de chargement nous avons vu que la voie est légèrement inclinée pour obtenir le mouvement des bennes jusqu'au point de chargement, même après le décrochage.

Lorsque donc une série de wagonnets, pour une cause quelconque, se trouvent ensemble aux goulottes de chargement, l'arrivée des suivants se faisant avec une certaine vitesse, ces derniers peuvent venir buter sur ceux en station; les chocs résultant de cet encombrement ont lieu généralement sur les suspensions qui se déforment si l'on n'a pas pris la précaution de veiller

Digitized by Google

à ce que la barre d'entretoisement soit bien rigide et que la rivure à l'endroit du joint soit parfaite.

Un autre inconvénient que nous voulons signaler concerne les pivots de suspension de la benne qui sont construits avec une tête formant butoir, ce dernier doit être prévu avec un diamètre suffisant de manière que les bennes dans leur balancement ne viennent pas s'enchevêtrer les unes dans les autres, ce qui désorganise le chargement et empêche la distribution du nombre de bennes à l'accrochage.

Les bennes sont constituées généralement par des tôles reliées par des cornières et renforcées à la partie supérieure par un cadre en fer à U dont le joint soudé doit toujours se trouver dans un coin de la benne, ceci pour éviter sa déformation lors du chargement.

Les tôles constituant la benne ont une épaisseur de 1 à 3 mm et les axes de suspension se trouvent placés sur les fers à U qui servent à raidir la tôle ; un troisième fer à U est placé sur les autres faces comme l'indique la figure 34.

Pour obtenir un déversement automatique des wagonnets, le point de suspension est placé sur les faces de la benne, de façon que le centre de gravité de cette dernière soit légèrement surélevé, déterminant ainsi la rotation de la benne, lorsque le levier de déclanchement vient buter à l'endroit du déversement.

Pour le relevage de la benne, il est prévu à la partie inférieure une poignée de manœuvre.

Afin d'obtenir un remplissage rationnel des bennes, il est nécessaire d'observer certaines conditions que la pratique a déterminées d'une façon absolue ; la position des bennes par rapport aux goulottes doit, autant que possible, être déterminée comme l'indique la figure 35 pour les différentes matières à charger.

Dans certaines installations on prend même la précaution de fixer la benne au moyen de deux leviers articulés sur les faces extérieures des goulottes de manière à l'immobiliser pendant le chargement.

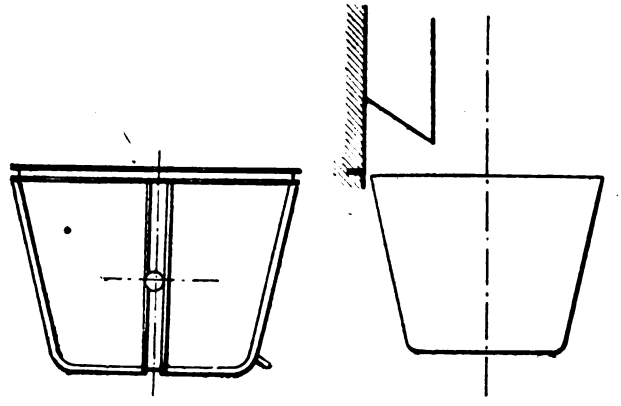


Fig. 34. — Benne, vue de côté.

Fig. 35. — Schéma montrant la position relative des bennes par rapport aux goulottes.

Accrochage. — Ce dernier étant terminé, on décroche la benne, qui est rendue libre sur la voie inclinée et se dirige vers l'accrochage, qui est représenté par la figure 36.

Comme on peut le voir à l'examen de cette figure, le câble tracteur est maintenu, d'une façon parfaite, horizontalement, par deux poulies, de manière que, lorsque la pince se trouve ouverte par le soulèvement des galets qui roulent sur les cornières inclinées, le câble s'intro-

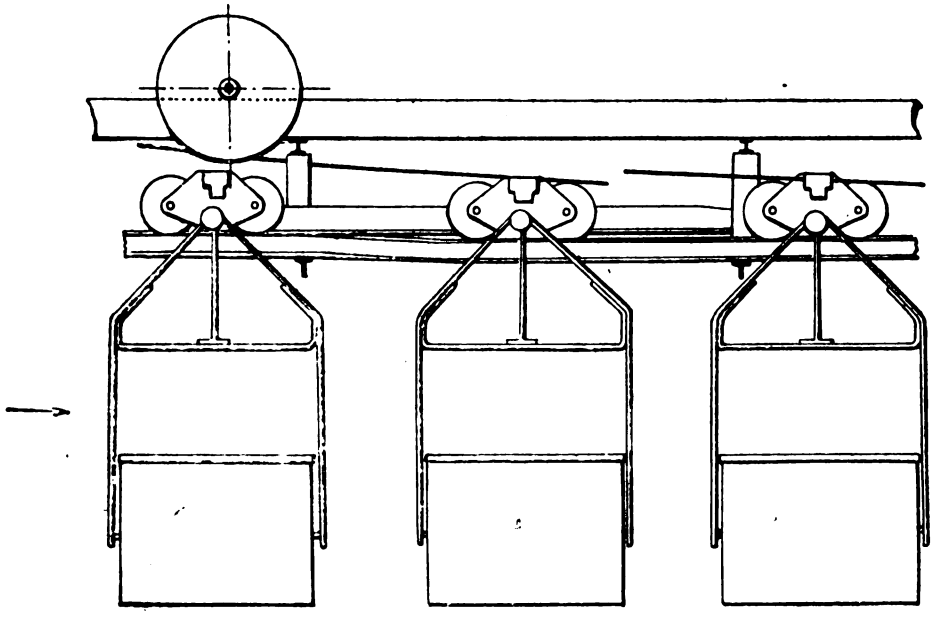


Fig. 36. — Schéma de l'accrochage au câble tracteur.

Digitized by Google

duit automatiquement dans le logement des pinces pour l'accrochage.

Pour éviter tout balancement du wagonnet à cet endroit, la suspension est guidée par deux cornières et munie généralement d'un galet pour obtenir un roulement parfait.

Ce galet, que dans certaines installations divers constructeurs ont voulu supprimer, est indispensable, non seulement pour le cas de l'accrochage et du décrochage, mais aussi dans les stations d'angle où il sert à retenir la benne sur ses guides et empêche ainsi le frottement de la suspension.

Pour terminer la question des chariots, il nous reste à examiner la façon dont se fait l'accrochage au câble tracteur.

Nous avons vu plus haut la façon dont le câble tracteur est introduit dans les pinces du chariot.

Le câble étant maintenu parallèlement à la voie de façon que le chariot passe exactement dans l'axe du câble, on remarque que ce dernier ne pouvant être dévié doit être attiré par la pince afin de permettre le passage de cette dernière.

Pour cela, il est donc indispensable que la voie soit légèrement courbée vers le bas, comme l'indique la figure 37; à cet endroit le câble tracteur subissant un choc assez important, il est prudent de construire des

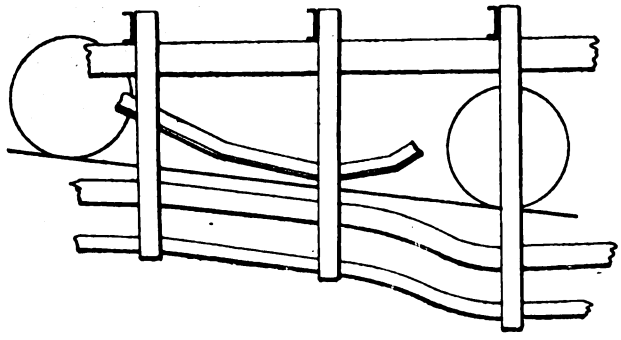


Fig. 37. — Schéma montrant l'inclinaison de la voie nécessaire à l'accrochage.

appareils tels que l'écartement maximum du câble de sa poulie-guide soit aussi réduit que possible.

Cette courbure de la voie est la même pour l'accrochage que pour le décrochage ; toutefois, dans le premier cas, la partie courbe se trouve placée après l'accrochage, tandis que, dans le deuxième cas, elle se trouve placée avant.

Câbles tracteurs. — La question des câbles étant la plus importante au point de vue du prix de telles installations, il est nécessaire de prendre toutes précautions utiles pour leur entretien afin d'éviter une mise hors service déterminée par une usure trop rapide.

Dans un grand nombre d'installations on ne tient pas assez compte de la façon dont sont construits les câbles formés par une série de torons dont chacun des fils est enroulé en spirale, les torons eux-mêmes sont également enroulés de la même façon.

Il existe donc un sens de marche, déterminé par le sens d'enroulement des torons du câble, que l'on doit toujours observer, si l'on veut obtenir un emploi très long et rationnel de ce dernier.

La figure 38 ci-dessous indique un enroulement à

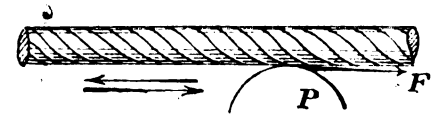


Fig. 38. — Câble enroulé à droite.

droite, et par conséquent un sens de marche de gauche à droite aurait pour effet de décâbler les torons ; au contraire, si l'on donne au câble un sens de marche de droite à gauche, la résistance de la poulie P crée un effort F qui tend à serrer davantage les torons.

On voit donc, par ce simple exposé, tout l'avantage qu'il y a à donner au constructeur du câble le sens de l'enroulement des torons.

Ce qui vient d'être dit pour les câbles tracteurs s'applique également aux câbles porteurs, sur lesquels la résistance à l'avancement des wagonnets produit un effort dirigé en sens inverse de l'avancement.

Afin d'augmenter la durée des câbles dans les installations de fort tonnage, certains chefs d'entretien placent dans les poulies de renvoi du câble tracteur une garniture en corde de chanvre sur laquelle vient s'appuyer le câble qui, de ce fait, s'use beaucoup moins rapidement ; de plus, les poulies n'étant plus en contact direct avec le câble ont une durée également plus longue.

Épissures des cables tracteurs. — Les câbles tracteurs devant être sans fin et avoir un diamètre uniforme sur toute leur longueur, il est donc indispensable que les épissures soient faites d'une façon parfaite, de façon que lorsque le câble s'introduit dans la pince, il n'existe pas à l'endroit des épissures une augmentation de diamètre.

Pour garder au câble toute sa résistance, la longueur des épissures doit être assez grande pour que la tension du câble ne produise pas son décâblage.

Nous allons examiner la façon de faire ces épissures pour des câbles dont le diamètre peut varier de 10 à 30 mm.

La longueur des épissures est généralement déterminée par la formule $L = d^2 \times 75$ dans laquelle formule d est le diamètre du câble, l'autre terme étant constant.

Pour un câble de 11 mm de diamètre, la longueur totale de l'épissure sera donc de $11 \times 11 \times 75 = 9\,075$ mm soit 10 m.

Cette longueur étant donnée, on mesure sur chacune des extrémités une longueur de 5 m et l'on a soin de faire deux ligatures d'une longueur de 30 mm environ, au moyen d'une ficelle, comme l'indique la figure 39.

Digitized by Google

Après avoir ligaturé ainsi les bouts du câble, on marque, d'une façon apparente, les torons qui seront décâblés, et qui sont représentés sur la figure 40 par les chiffres 2, 4, 6.

Pour décâbler les torons ainsi marqués il faut avoir

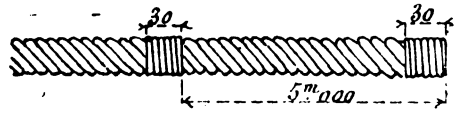


Fig. 39. — Extrémité du câble ligaturé avant décâblage des torons.

soin d'écarter fortement ces derniers de manière à éviter leur enchevêtrement ; chaque toron ainsi décâblé est enroulé sur lui-même de façon à les séparer et à faciliter les opérations suivantes.

La partie du câble, non décâblée, c'est-à-dire les torons 1, 3, 5 de la figure 40, est ensuite coupée à une distance de 100 mm de la ligature et décâblée de manière à obtenir le câble dans la forme représentée par la figure 41.

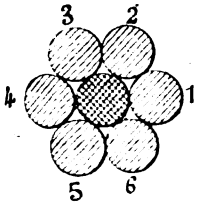


Fig. 40. — Torons numérotés pour le décâblage.

Ces diverses opérations effectuées sur les deux bouts du câble, on rapprochera ces derniers l'un de l'autre, en les pressant fortement après avoir toutefois enlevé les ligatures de manière que l'on aperçoive la continuité des spires du câble comme l'indique la figure 42. Au fur et à mesure du rapprochement des bouts, on retire les âmes en chanvre que l'on coupe

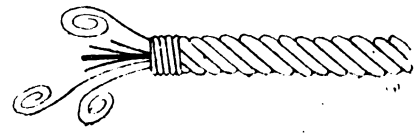


Fig. 41. — Forme du câble avant le rapprochement des deux extrémités.

ensuite au ras du câble c'est-à-dire aux points c de la figure.

Après avoir effectué, comme il vient d'être dit, le rapprochement parfait des deux bouts du câble, on place

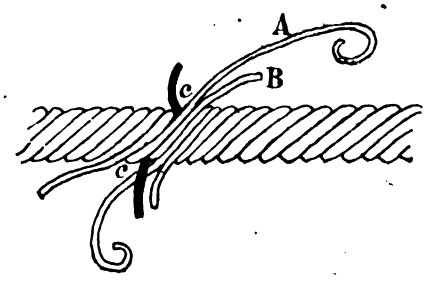


Fig. 42. — Extrémités du câble rapprochées pour épissurer.

le toron A à la gauche du toron B ; ce dernier en se déroulant entraîne l'autre dans le logement laissé libre.

L'épissure étant faite sur une longueur totale de 10 m, on divisera cette longueur en 12 parties égales comme indiqué sur la figure 43.

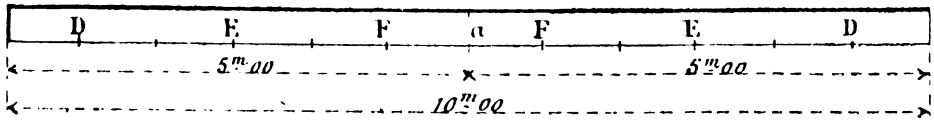


Fig. 43. — Divisions des torons sur la longueur totale de l'épissure.

Le premier toron enroulé comme il a été dit plus haut ira jusqu'au point D, le second jusqu'en E et le troisième jusqu'en F seulement.

Le dernier toron enroulé jusqu'au point F sera raccourci de 15 mm, c'est-à-dire à 5,000 m : 6 = 833 — 15 = 818 mm qui est la longueur de chacun des torons enroulés jusqu'à leur point respectif.

La diminution de longueur égale à 15 mm est nécessaire pour permettre l'introduction du toron à la place de l'âme centrale en chanvre.

Pour éviter que les fils qui composent les torons se déroulent pendant l'introduction à l'intérieur du câble, on aura soin de ligaturer chaque bout avec une ficelle très fine et sur une longueur de 30 mm environ.

Tous les torons étant ligaturés, on introduira l'épissoire dans le câble de manière à écarter les torons de ce dernier, une deuxième épissoire sera placée derrière le toron à enrouler de sorte que, en suivant le pas de l'hélice, la première épissoire écarte les torons et la seconde pousse le brin qui s'introduit à la place de l'âme centrale en chanvre que l'on retire au fur et à mesure et dont la sortie doit se faire par l'ouverture pratiquée pour l'introduction du toron ; ce dernier pendant l'opération doit être tiré fortement, afin de lui faire prendre exactement l'emplacement de la spire déroulée.

Cette dernière opération est représentée par la figure 44, on remarquera que l'épissoire A servant à écarter les torons du câble se trouve placée à gauche du fil à introduire, en regardant dans la direction B, tandis que l'épissoire E est placée à droite du même fil et par le dessous de manière à faciliter l'introduction.

Toutes ces opérations effectuées pour chacun des torons, l'épissure est terminée ; il ne reste plus qu'à couper l'âme en chanvre au ras du câble et à mater au moyen d'un marteau la longueur où le câble à été introduit de façon à régulariser son diamètre.

Digitized by Google

Ce genre d'épissure, appelée épissure anglaise, ne diminue en rien la résistance du câble et permet d'avoir un diamètre uniforme, ce qui est indispensable pour des installations du genre de celles que nous avons décrites.

Entretien des cables tracteurs et porteurs. Force motrice. — Nous allons examiner les efforts auxquels est soumis le câble tracteur ainsi que les câbles porteurs.

L'effort transmis par le câble tracteur d'un transport aérien dépend essentiellement du nombre de wagonnets en mouvement sur la ligne.

Toutefois, outre l'effort nécessaire pour l'avancement des wagonnets, ceux qui sont dus à la résistance qu'oppose le câble à s'enrouler sur les poulies de renvoi et qui s'appelle résistance à l'incurvation et celui résultant du poids propre du câble, interviennent pour une

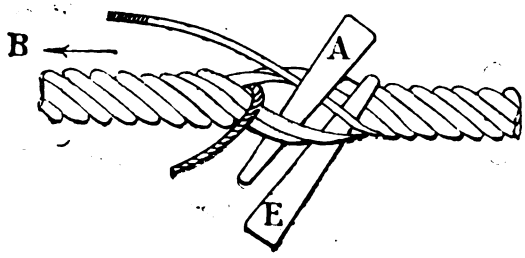


Fig. 44. — Disposition des épissoires pour le câblage des torons numérotés.

part assez importante dans la détermination du diamètre.

Il faut également tenir compte de la température des lieux ou l'installation est destinée à fonctionner.

Nous savons en effet qu'une température très élevée a pour effet de diminuer la cohésion des molécules et, par conséquent, la résistance à la rupture des matériaux.

Ainsi pour les installations destinées à fonctionner dans des pays où la température peut atteindre 40 à 50°, le diamètre des câbles sera déterminé, en tenant compte de cette condition spéciale.

Il en est de même lorsque l'on a des installations destinées à fonctionner dans des pays à température extrêmement basses; dans ce cas, l'acier qui constitue le câble devient cassant et malgré l'augmentation de diamètre prévue, il est prudent de graisser le câble d'une façon continue avec de l'huile russe dont le point de congélation est très bas. La densité de cette huile est voisine de 0,906, la viscosité est de 6,05 et le point d'inflammation varie entre 208 et 263°.

Le graissage du câble tracteur s'obtient en plaçant, à la station de départ, un réservoir muni d'un robinet dont on règle le débit à volonté.

Si la ligne dépasse 4 km, on prévoit sur le parcours du câble une série de réservoirs qui assure le graissage pour chaque tronçon de la ligne.

Pour les câbles porteurs, le graissage est obtenu au moyen d'un wagonnet spécial muni d'un réservoir d'une contenance de 18 litres pour 1800 m de câble; ce graissage est effectué deux à trois fois par semaine en général et chaque jour, lorsque l'installation fonctionne sous une température très élevée ou très basse.

Les chariots graisseurs sont munis d'une pompe commandée par une chaîne Galle qui reçoit son mouvement d'une des roues de manière que, si le chariot s'arrête, la pompe ne fonctionne plus ; ce procédé permet un graissage rationnel et évite toute perte d'huile.

Pour déterminer la tension qui s'exerce sur le câble tracteur nous désignerons par

L = la longueur en mètres de la ligne, depuis la station de départ jusqu'à celle d'arrivée, cette longueur étant mesurée obliquement ;

Q = le débit maximum en tonnes que doit fournir l'installation ;

α = l'angle d'inclinaison que fait la ligne avec l'horizontale ;

L_1 = la longueur de la ligne projetée sur l'horizontale et prise en mètres ;

H = la différence de hauteur entre le niveau de la station d'arrivée et celle de départ ;

p = le poids propre du wagonnet vide ;

P = le poids de la charge utile transportée par le wagonnet ;

N = le nombre de wagonnets sur une des lignes du transport aérien.

Nous supposons en outre que le mouvement a lieu de bas en haut et que la tension au départ, c'est-à-dire à la station inférieure, et du côté des wagonnets pleins est égale à T.

A la partie supérieure de la ligne, cette tension est augmentée de la projection verticale H du poids propre du câble $qH = qL \sin\alpha$, plus le poids direct des wagonnets qui est $N(p + P) \sin\alpha$ et auxquels nous aurons à ajouter la résistance due au frottement de roulement des wagonnets soit $N(p + P)\, u \cos\alpha$ ainsi que la résistance au frottement du câble lui-même qui est $qL\, u \cos\alpha$.

Nous aurons donc pour tension maximum à la partie supérieure de la ligne

$$T_1 = S + [qL + N(p + P)] (\sin\alpha + u \cos\alpha).$$

Si nous désignons maintenant par T' et T'_1 les tensions du câble correspondantes pour le côté de la ligne des wagonnets vides, nous aurons

$$T'_1 = T' + [qL + Np] (\sin\alpha - u \cos\alpha).$$

Nous remarquons, à l'examen de cette égalité, que le poids des wagonnets agit exactement comme dans le cas de la ligne des pleins, tandis que les frottements agissent en sens inverse et par conséquent deviennent négatifs.

Si le transport des wagonnets s'effectue de haut en bas, on a l'égalité suivante :

$T_1 = T + [qL + N(p + P)] (\sin\alpha - u \cos\alpha)$ pour la ligne des pleins, et $T'_1 = T' + (qL + Np) (\sin\alpha + u \cos\alpha)$ pour la ligne des vides.

A ces tensions ainsi obtenues il reste à ajouter la résistance à l'incurvation du câble sur les galets et pou-

Digitized by Google

lies de renvoi ainsi que le frottement des axes dans les paliers.

La résistance à l'incurvation a pour valeur

$$ri = \frac{p}{D}(1{,}7 \times p + 0{,}0038\ T),$$

dans laquelle égalité :
p est le poids du mètre de câble;
D, le diamètre de la poulie ou du rouleau;
T, la tension du câble à son passage sur la poulie ou le rouleau;

La résistance due au frottement des rouleaux est environ $1{,}6\ u_1 \frac{d_1}{D}$.

Dans cette expression
$u_1 = 0{,}07$;
d_1 est le diamètre des axes;
D, le diamètre des rouleaux.

Pour effectuer le calcul exact, on partira donc de la tension initiale déterminée par le contrepoids de tension de la station de départ.

Cette tension initiale sera augmentée au fur et à mesure, au passage de chaque rouleau ou poulie, de la valeur déterminée ci-dessus pour la résistance à l'incurvation du câble et pour le frottement des axes ainsi que de la résistance à l'avancement des wagonnets et du poids propre du câble.

Pour faciliter les opérations, on divisera la ligne en plusieurs tronçons, ceux-ci étant limités au changement d'inclinaison de la ligne; on pourra alors effectuer le calcul de proche en proche jusqu'à la station terminale d'arrivée des wagonnets.

La force motrice sera facilement déterminée par la formule suivante :

$$N = \frac{Tv}{75 \times 60 \times 0{,}85}.$$

Dans laquelle égalité :
N est la puissance en chevaux;
T, la tension maximum obtenue;
v, la vitesse du câble par minute et en mètres.
Les autres termes ayant les significations connues.

Il nous reste maintenant à déterminer la tension des câbles porteurs qui est beaucoup plus importante et qui varie avec le poids total des wagonnets et la portée entre les points d'appui sur les pylônes.

Supposons un câble reposant sur deux ap
d'une longueur L.

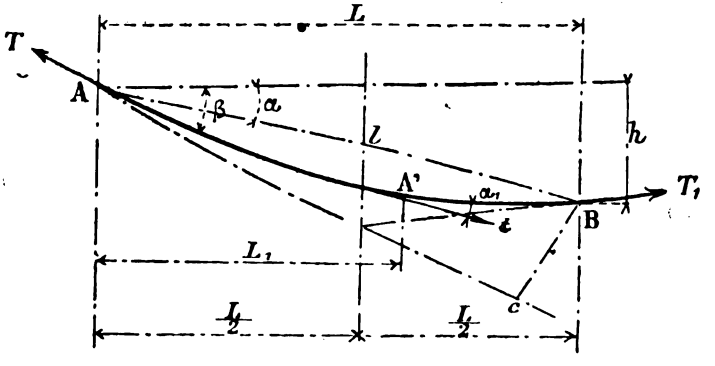


Fig. 45.

Le poids du mètre courant de câble étant égal à p, quelle est la tension t en un point donné A_1 situé à la distance L_1 du point A (fig. 45)?

Si l'angle déterminé par la direction de t par rapport à l'horizontale est α_1 nous aurons l'égalité

$$t \cos \alpha_1 = T \cos \beta.$$

Par suite, la valeur de α_1 sera

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \beta - \frac{p L_1}{T \cos \alpha \cos \beta}.$$

Pour déterminer la tension maximum T, posons l'équation d'équilibre

$$T \times BC - pl \times \frac{L}{2} = 0,$$

$$TL \sin (\beta - \alpha) - \frac{plL}{2} = 0,$$

d'où

$$T = \frac{plL}{l2 \sin (\beta - \alpha)},$$

d'où

$$T = \frac{pL}{2 \sin (\beta - \alpha)},$$

ou

$$T = \frac{pl' \cos \alpha}{2 \sin (\beta - \alpha)}.$$

Pour le cas où la corde AB est horizontale, on remarque que les tensions en A et en B sont nécessairement égales.

Si le câble supporte plusieurs charges à égale distance les unes des autres, et si T est la tension maxi-

Digitized by Google

mum au point A, nous aurons pour valeur de cette tension

$$T = \frac{\left[pl + 2P\left(n - \frac{n(n-1)}{2} \times \frac{l}{L} - n \times \frac{a}{e}\right)\right] \cos \alpha}{2 \sin (\beta - \alpha)},$$

dans laquelle égalité :

n est le nombre des wagonnets entre les points A et B ;

P, le poids d'un wagonnet et du câble tracteur ;

e, la distance entre les wagonnets ;

l, la longueur de la corde,

L, la portée entre les points d'appuis ;

a, la distance du premier wagonnet au point supérieur A (fig. 46).

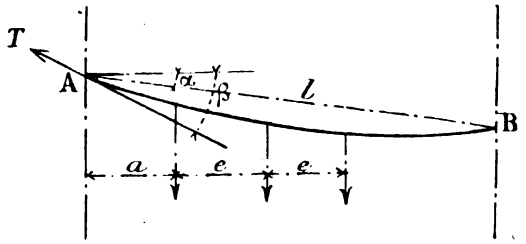


Fig. 46.

La tension maximum sera atteinte quand le rapport $\frac{a}{e} = 0$, c'est-à-dire lorsque la première charge se trouvera placée au point A ; nous aurons alors

$$T = \frac{\left[pl + 2P\left(n - \frac{n(n-1)}{2} \frac{l}{L}\right)\right] \cos \alpha}{2 \sin (\beta - \alpha)}.$$

La tension ainsi déterminée correspond à la valeur qu'il faudra donner au contrepoids tendeur.

Le coefficient de sécurité généralement adopté étant égal à 4 fois la tension normale T, la charge de rupture que devra supporter le câble sera de $4\,T$.

Pour trouver le diamètre nécessaire, il suffira de consulter les tableaux des constructeurs de câbles qui donnent ces valeurs pour les différents diamètres.

Cables porteurs. — Dans les premières installations de transports aériens, afin de diminuer le coût de ces installations, les câbles porteurs étaient généralement composés de barres en fer rond soudées entre elles ; mais la faible résistance du fer étant encore sensiblement diminuée à l'endroit des soudures, il en résultait que les voies ne pouvaient être que très peu tendues, et la distance entre les pylônes ne pouvait, de ce fait, dépasser 20 m lorsque l'on avait à transporter des charges un peu lourdes.

Dans la suite, lorsque les industriels se décidèrent à accepter des installations mieux comprises, on employa des câbles en fils d'acier de construction spiroïdale dont la résistance à la rupture variait de 5 000 à 6 000 kg : cm² de section.

Ces câbles, quoique étant déjà un progrès sérieux sur les barres en fer, ne résistèrent pas aussi longtemps qu'on l'aurait cru.

En effet, les fils d'acier qui composaient le câble étant formés d'une suite de bouts de faible longueur soudés entre eux, il arrivait fréquemment qu'un de ces fils cassait à la soudure où la résistance était inférieure, de 30 pour 100 au moins, à celle de la section non soudée.

Le fil brisé se déroulant de chaque côté s'amassait en un point et occasionnait des déraillements et par suite des arrêts assez prolongés de l'installation.

Afin d'obvier à ces inconvénients, on construisit des câbles à section spiroïdale d'une longueur très petite, mais sans soudure ; les différents tronçons étaient alors reliés entre eux par des manchons spéciaux permettant, malgré leur diamètre supérieur à celui du câble, d'avoir une voie continue.

Plus tard, on abandonna définitivement ces câbles, la résistance était très faible, et aujourd'hui, les câbles employés sont presque toujours composés de fils d'acier fondu dont la résistance varie entre 11 500 et 15 000 kg : cm².

Lorsqu'il s'agit de transporter de faibles charges, on emploie généralement des câbles à section spiroïdale composés de 19 fils.

Si par suite d'un tonnage important à transporter on est obligé d'avoir des charges unitaires très grandes, il est nécessaire d'adopter des câbles composés de 37 fils dont le diamètre ne dépasse pas 6 mm.

Cette dernière dimension est adoptée, afin d'éviter, lors de l'étirage, que les fibres intérieures de la matière soient moins dures que les fibres extérieures.

D'autre part, le diamètre le plus petit, généralement admis, n'est pas inférieur à 4 mm en raison de l'usure assez rapide des câbles à leur partie extérieure.

On a donc été amené, pour ces deux raisons, à construire des câbles de 33 fils et composés de 19 fils intérieurs et 14 fils extérieurs, mais d'un diamètre plus grand (fig. 47).

Afin d'éviter que les différentes couches de fils se déroulent, on fait l'enroulement d'une couche en sens contraire des couches voisines, de sorte que le câble est antigiratoire comme il a été dit précédemment pour les câbles tracteurs.

La longueur maximum des câbles porteurs à section spiroïdale que l'on peut atteindre sans soudure, varie entre 600 et 200 m pour des câbles ayant un diamètre de 15 mm à 42 mm et composés de 37 fils.

La section totale, en centimètres carrés, des câbles de construction spiroïdale est de $S = 0{,}597\ D^2$ pour les câbles composés de 19 fils et $S = 0{,}590\ D^2$ pour les câbles composés de 37 fils.

Dans ces formules, D représente le diamètre extérieur du câble en centimètres.

Étant donnée la faible surface de contact des galets de roulement du chariot sur le câble, beaucoup de constructeurs de transports aériens n'utilisent les câbles spiroïdaux que pour la voie des wagonnets vides.

La tension du câble pour cette voie étant en effet

Digitized by Google

beaucoup inférieure à celle des pleins pour laquelle on fait usage de câbles clos d'une composition spéciale.

Les câbles clos sont composés d'une couche de fils extérieurs à section en S offrant une grande surface de contact extérieure pour le roulement des galets.

Une seconde couche de fils en forme de coin recouvre les fils du noyau central qui sont à section circulaire.

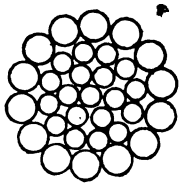
Ces câbles, à diamètres égaux, ont une section utile beaucoup plus grande que les câbles spiroïdaux ; elle est en effet sensiblement égale à 0,86 de la section totale $\frac{\pi D^2}{4}$.

Par suite de la forme spéciale des fils et qui est nécessitée par l'enroulement, on ne peut pas obtenir à l'étirage une résistance aussi grande que pour les fils à section ronde des câbles spiroïdaux.

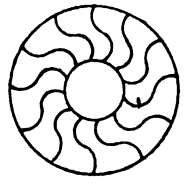
Il résulte de ce fait que les câbles clos ne sont généralement livrés qu'en acier fondu extra-résistant et ayant une résistance à la rupture de 12 000 kg : cm².

Mais par suite de la section utile relativement élevée, le câble de construction close et d'une résistance à la rupture de 12 000 kg : cm² possède, à très peu de chose près, la même résistance à la traction, qu'un câble de construction spiroïdale de même diamètre et d'une résistance à la rupture de 14 500 kg : cm².

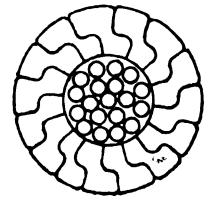
Dans les câbles de construction close, tels qu'ils viennent d'être décrits, lorsqu'un fil casse, le danger est moins important que pour les câbles spiroïdaux ; en



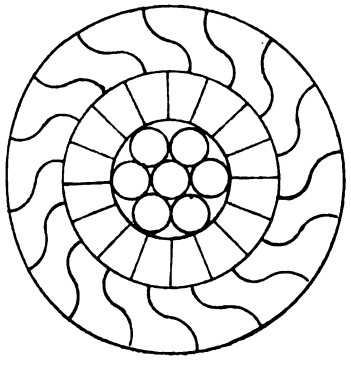
Câble spiroïdal.



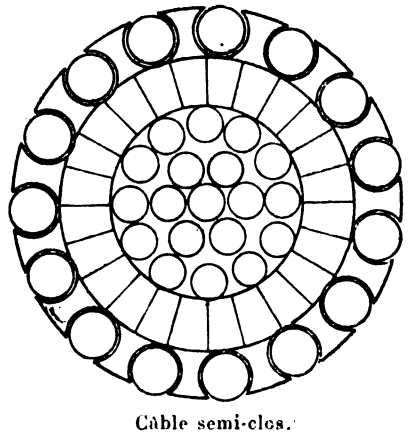
Câble clos âme creuse.



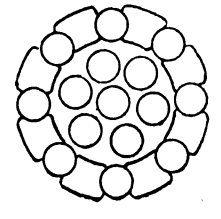
Câble clos.



Câble clos avec fils en forme de coin.



Câble semi-clos.



Câble semi-clos.

Fig. 47. — Différentes sortes de câbles porteurs.

effet, étant donnée la forme des fils, ceux-ci sont retenus les uns par les autres, de sorte que le fil cassé ne peut pas se dérouler ; de plus, il n'y a plus la même nécessité, comme pour les câbles spiroïdaux, à éviter les soudures.

Dans ce cas, la longueur, admissible pour chaque tronçon, dépend uniquement des moyens de transport à pied d'œuvre que l'on a à sa disposition.

En général, on prend comme longueur celle correspondant à un poids de 2 500 kg par tronçon.

Lorsque la charge unitaire à transporter dépasse 300 kg, on emploie actuellement, presque toujours, des câbles de construction close pour la voie des wagonnets pleins.

On ne fait exception à cette règle que lorsque les wagonnets sont très peu distants les uns des autres sur la ligne.

Lorsque l'installation est établie en terrain très varié, on a alors des passages brusques de côtes à traverser ; dans ces cas, la pression exercée sur les wagonnets par le câble tracteur est considérablement augmentée, et il en résulte une pression très forte sur les galets du chariot, ce qui oblige à employer exclusivement des câbles de construction close ; dans le cas où l'on voudrait employer des câbles spiroïdaux, il est nécessaire de garnir ces derniers d'une aiguille de protection, qui a pour effet de supporter l'augmentation de charge.

Lorsque l'on a, au contraire, des vallées à traverser, les câbles de construction close sont toujours très avantageux et permettent de suivre la configuration du terrain en ce sens que la flèche prise par le câble clos sous l'action de son poids propre est supérieure à celle du câble spiroïdal de même résistance.

Par suite de la difficulté que l'on avait à constater la

Digitized by Google

rupture des fils intérieurs dans les câbles clos, même par un examen minutieux du câble, on a été conduit à la construction d'un câble dit « simplex » constitué par une seule rangée de fils en forme de *S*, le noyau central étant creux.

L'avantage que l'on obtenait avec une telle construction résultait surtout d'une fatigue égale de tous les fils sous l'action de la charge des wagonnets.

En effet, dans la construction close décrite précédemment, les fils extérieurs subissant un allongement supérieur aux fils du noyau, ces derniers, après un usage du câble un peu prolongé, finissaient par supporter la plus grande partie de la charge.

La durée des câbles creux n'a toutefois pas été aussi longue que l'on avait pu l'espérer; on devait, en effet, pour obtenir une section suffisante, adopter un diamètre relativement plus grand que pour les câbles clos et les fils constituant le câble étaient d'une section supérieure à ceux en forme de *S* des câbles clos ordinaires.

Leur section atteignait parfois 11 mm de hauteur sur 2,6 mm de largeur à la base.

Etant donnés les efforts de flexion considérables supportés par les câbles pendant la marche de l'installation, la fatigue des fils à la partie intérieure des câbles creux aux appuis sur les pylônes a pour effet une détérioration rapide de ces câbles.

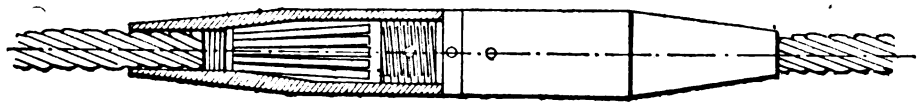
Ces derniers, sous l'action des charges, s'aplatissent très rapidement, aussi, étant donnés ces inconvénients, la forme « simplex » a été complètement abandonnée.

Dans le but de supprimer les inconvénients signalés ci-dessus, on a été conduit à construire des câbles clos composés d'une couche de fils extérieurs à section en *S* mais dont la hauteur est sensiblement plus faible que dans les câbles précédents.

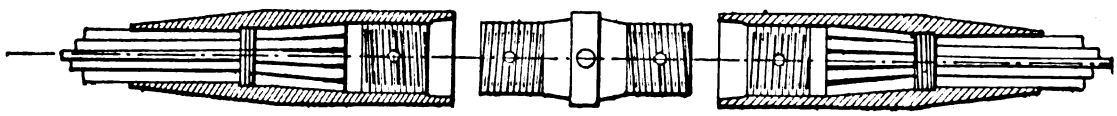
La partie centrale de ces câbles est constituée par une série de fils à section ronde (fig. 47).

Cette disposition, employée d'une façon courante actuellement, ne diffère des anciens câbles clos qu'en ce que la couche de fils en forme de coin a été remplacée par des fils à section ronde d'un diamètre légèrement supérieur à celui des premiers câbles.

La section utile de ces câbles est d'environ 80 pour 100 de la section totale $\frac{\pi D^2}{4}$.



Manchon pour câble spiroïdal.



Manchon pour câble clos.

Fig. 48. — Manchons d'accouplement de câbles porteurs.

Afin de remédier à la fatigue croissante des fils intérieurs, par suite de l'allongement de ceux formant la couche extérieure, on adopte de l'acier dont la résistance à la rupture est de 10 pour 100 environ supérieure à celle des autres fils.

Les progrès toujours croissants dans les installations de transports aériens, tant au point de vue de la longueur des lignes qu'à celui du tonnage à transporter, ont conduit à utiliser des câbles porteurs de grand diamètre.

La fabrication des fils à section en *S* devenant très difficile, très coûteuse et même impossible pour ces câbles, on a été conduit à la construction de câbles demi-clos composés d'un câble spiroïdal à une ou deux couches de fils à section ronde d'un diamètre relativement grand.

Autour de ce câble est enroulée une couche de fils d'une section spéciale et séparés par une série de fils à section ronde.

Entre le câble central de forme spiroïdale et le fil à section spéciale, certains constructeurs intercalent une couche de fils de section en coin.

Cette dernière construction possède un inconvénient qui réside dans la différence de tension existant entre les différentes sortes de fils.

Toutefois, le prix de ces câbles demi-clos étant de beaucoup inférieur à celui des câbles composés de fils à section en *S*, a décidé les constructeurs de transports aériens à les utiliser de préférence aux autres.

Ces câbles sont fabriqués couramment avec de l'acier dont la résistance à la rupture varie entre 9500 et 12000 kg : cm².

Nous donnons en figure 47 le profil de la section des différents câbles que nous venons de décrire.

La composition des câbles porteurs ainsi que leur diamètre ne permettent pas de réunir les différents tronçons au moyen d'épissures, comme on le fait pour les câbles tracteurs, aussi a-t-on recours aux manchons d'accouplement représentés par les figures ci-dessus (fig. 48).

Ces derniers sont constitués par deux tubes en acier dont l'extrémité est en forme de cône pour faciliter le passage des wagonnets sur les manchons.

La partie creuse intérieure est également conique sur

Digitized by Google

une certaine longueur, de manière à permettre l'écartement des fils du câble.

Entre ces derniers, on introduit soit des cales coniques en acier, ou encore on coule une soudure composée de 95 pour 100 d'étain, 2,5 pour 100 de cuivre et 2,5 pour 100 de plomb.

La partie du câble ainsi traitée forme alors un cône empêchant sa sortie du manchon.

Afin d'éviter le décâblage au delà de la partie conique du manchon, on a soin de ligaturer le câble au moyen d'un fil d'acier très fin.

Les deux manchons, ainsi placés sur chacune des extrémités des tronçons à raccorder, sont assemblés au moyen d'une tige filetée d'un bout au pas à gauche et de l'autre au pas à droite, afin que lors du vissage les deux accouplements se rapprochent.

Après le serrage à fond, on goupille la tige filetée aux manchons.

Lorsque l'on fait usage de la soudure, on doit avoir la précaution de décaper les fils du câble par un chauffage, de préférence aux acides qui rongent l'acier.

Ce dernier procédé n'est toutefois utilisé que très rarement, on préfère employer les cales en acier qui offrent une sécurité beaucoup plus grande.

Prix de revient d'une installation de transport aérien. — Avant de terminer la présente étude, nous allons donner un aperçu du prix de revient sur lequel on peut tabler pour l'installation d'un transport aérien ainsi que pour l'amortissement de l'installation.

Il est à remarquer tout d'abord que le coût d'établissement d'un transport aérien dépend essentiellement des services qu'on exige de l'installation et surtout de la nature du terrain et de l'importance des stations d'angle et terminales de la ligne.

Si nous considérons une voie installée sur terrain à peu près horizontal et pour laquelle il n'est pas nécessaire de placer sur son parcours des ponts abris ou filets de protection, si, d'autre part, le service que l'on exige de cette installation se réduit à transporter des matières d'une station à une autre, on peut, en tenant compte du cours actuel des matières premières et du prix de la main-d'œuvre, déterminer comme suit le prix de premier établissement:

$$E = 2TL.$$

Dans cette égalité

T est le tonnage horaire à transporter ;

L, la longueur de la ligne en mètres.

Ainsi, pour une installation dont la longueur de la ligne est de 900 m et le tonnage horaire 120 t, on aura

$$E = 2 \times 120 \times 900 = 216\,000 \text{ fr.}$$

Pour une telle installation, la distance entre chacun des pylônes est prise égale à 70 m environ.

Étant donné le capital engagé, si nous admettons l'intérêt de ce capital $I = 5$ pour 100 et que l'on désire amortir l'installation en dix ans, il faudra retrancher chaque année une somme S déterminée par l'égalité ci-dessous

$$S = E \frac{I(1+I)^n}{(1+I)^n - 1}.$$

soit pour le cas qui nous occupe $S = 8\,640$ fr.

Si l'installation fonctionne 300 jours par an, nous aurons pour frais d'amortissement par jour

$$\frac{8\,640}{300} = 28{,}80 \text{ fr.}$$

La force motrice nécessaire étant 50 ch, si l'on admet une dépense de 0,700 kg de charbon par cheval-heure, le prix d'une tonne de charbon étant actuellement de 70 fr, la somme dépensée par jour sera

$$S_1 = \frac{0{,}700 \times 24 \times 50 \times 70}{1\,000} = 58{,}80 \text{ fr.}$$

La main-d'œuvre nécessaire pour assurer le fonctionnement de l'installation étant de deux hommes et cette dernière fonctionnant nuit et jour, nous aurons donc à ajouter le salaire de ces deux hommes soit quatre salaires de 6,5 fr ou $6{,}5 \times 4 = 26$ fr.

En outre, pour assurer une marche normale, nous savons qu'un graissage rationnel est nécessaire, or l'installation n'étant pas d'une longueur exagérée nous pouvons admettre pour le prix du graissage 0,008 fr par wagonnet, soit 0,96 fr.

L'installation étant destinée à fonctionner sans interruption, nous admettrons 15 pour 100 des prix d'établissement pour tenir compte des réparations et de l'entretien, soit donc 96 fr. La dépense par journée de douze heures serait donc

$$58{,}80 + 26 + 0{,}96 + 96 = 181{,}76 \text{ fr.}$$

D'après ce qui précède, on voit que le prix du transport d'une tonne à la distance de 900 m ne dépasse pas 0,12 fr.

L'exemple d'un transport de charbon, que nous venons d'examiner, peut s'appliquer également au transport du minerai, du coke et de la castine pour les hauts fourneaux, des blocs de pierre dans les carrières, ainsi que des résidus dans les charbonnages et autres industries et aussi du laitier concassé ou granulé retiré des hauts fourneaux.

Nous ne nous attarderons pas ici à énumérer toutes les industries où le transport aérien peut rendre des services inappréciables.

Qu'il nous suffise de constater ce qui a été fait par l'Allemagne et l'Autriche dans ce domaine et dans celui de la manutention en général, non seulement dans leurs industries, mais aussi dans toutes les autres parties du monde.

Si nous examinons ce qui a été réalisé en France depuis ces trois années écoulées, nous sommes étonnés de constater les progrès rapides qui ont été faits dans

Digitized by Google

toutes les branches de l'industrie par suite d'une nécessité impérieuse résultant de la situation; mais on est stupéfait à la pensée que l'inertie de plusieurs années de routine ait permis à l'Allemagne d'envahir tous les marchés alors que des pays comme la France et l'Angleterre, qui possèdent en abondance toutes les matières premières, peuvent être considérés comme les premiers pionniers d'un grand nombre d'industries.

Il serait souhaitable que le bouleversement actuel ait pour premier effet, même avant la fin des hostilités, d'orienter l'industrie en général vers une organisation plus rationnelle, tant au point de vue de la production qu'à celui de l'écoulement des produits manufacturés sur tous les marchés accaparés par l'Allemagne.

Cette dernière, se rendant compte des nécessités créées par une dévastation systématique et surtout par le manque de main-d'œuvre qui sévira avec une intensité malheureusement très grande, organise dès à présent tous ses rouages commerciaux pour reprendre sournoisement la place qu'elle occupait avant la guerre, si l'on ne se garantit pas suffisamment contre ses agents et leurs moyens détournés, qui travaillent sous le couvert des pays neutres trop complaisants.

La réorganisation de l'industrie dans les départements français actuellement envahis, de même que la reconstruction des usines en Belgique dont l'industrie était la principale richesse, nécessiteront des capitaux importants que, dès à présent, on peut assez facilement rassembler pour être employés à la constitution d'usines dont la construction principale sera précisément celle qui nous manquait avant la guerre et pour laquelle nous étions forcés d'avoir recours à l'Allemagne.

Les appareils de manutention peuvent être classés dans cette catégorie, c'est pourquoi nous avons voulu attirer l'attention des industriels sur la façon de les construire et surtout sur les avantages que l'on peut en retirer au point de vue d'une production intensive avec un strict minimum de main-d'œuvre.

Dans une prochaine étude nous examinerons les appareils de levage, complément indispensable des installations de transports aériens et pour lesquels il y a beaucoup à faire encore actuellement.

F. Séba.

Notes pratiques

Appareil indicateur de la rotation de phase de construction facile (1); — On se sert du disque d'aluminium d'un watt-heuremètre qu'on monte avec ses supports et au-dessous duquel on place 3 bobines de téléphone Bell

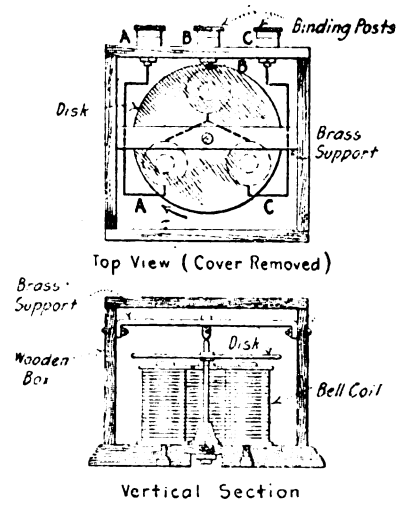


Fig. 1. — Disk, disque; Bindings Posts, bornes; Brass Support, support en laiton; Top View (Cover Removed), vu de dessus (couvercle enlevé); Wooden Box, boîte en bois.

de 1 250 ohms situées à 2,5 cm environ de l'arbre et comme l'indique la figure. On les connecte en étoile et les trois extrémités A, B, C sont amenées à trois bornes extérieures. On ménage une fenêtre à la boîte afin de pouvoir observer le disque sur lequel on dessine une flèche. Quand les bornes A, B, C sont connectées aux trois branches d'un circuit, le disque tourne dans un sens ou dans l'autre; on s'arrange pour qu'il tourne toujours dans le sens de la flèche, ceci pour éviter des confusions; on y arrive d'ailleurs en interchangeant deux branches du circuit. Ensuite, les bornes sont reliées aux trois branches correspondantes de la génératrice qu'on veut accoupler au système. Si le disque tourne dans le sens de la flèche, c'est que les rotations de phase sont les mêmes. S'il tourne en sens inverse, il faudra changer deux branches quelconques du circuit issu de la génératrice. Cet appareil ne devra s'employer que sur des circuits à 110 v; l'emploi de transformateurs de potentiel permettra de s'en servir sur des circuits à plus haute tension. — P. V.

(1) E.-P. Peck, *Electrical World*, 3 février 1917, t. LXIX, p. 226, 300 mots, 1 fig.

Extracteur de vis (1). — L'outil représenté ci-dessous est destiné à faciliter l'extraction d'une vis ou d'un goujon cassés. On perfore le centre de la pièce cassée, et l'extracteur, qui est fileté à gauche, est introduit jusqu'au moment où il mord. En continuant à tourner à l'aide d'une clé, on provoque la rotation de la vis qui s'élève graduellement hors de son logement sans abîmer les filets.

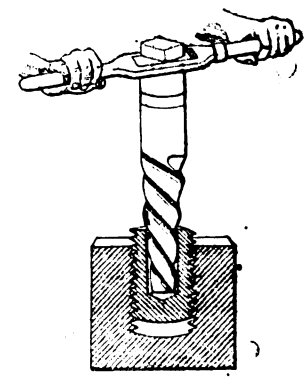


Fig. 1. — Extracteur de vis.

Ces extracteurs sont faits en 12 dimensions par la Cleveland Twist Drill Cy, de Cleveland (Ohio) et sont vendus en assortiments de 3 et 4. Leur diamètre à la pointe varie entre 1,58 mm et 47,6 mm; le plus grand diamètre peut avoir de 3,17 mm à 58,7 mm.

(1) *Engineering*, 7 septembre 1917, p. 247.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Les Exploitations électriques

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 22 JANVIER 1918.

L'intensification des fabrications destinées à l'armée a augmenté l'activité commerciale. Dans certaines villes et dans plusieurs des réseaux de la Société le trafic a été plus intense, de sorte que, sur certaines des lignes, les recettes d'exploitation de 1916 se présentent en amélioration sensible sur celles de l'exercice précédent. Mais les bénéfices d'exploitation n'ont pas progressé dans la même proportion que les recettes à cause des difficultés de main-d'œuvre et d'approvisionnements.

Plusieurs sociétés filiales ont engagé des pourparlers avec les municipalités et les départements en vue d'obtenir les compensations légitimes aux dépenses considérables qu'impose l'état de choses actuel; plusieurs réseaux ont obtenu des relèvements amiables de tarifs, d'autres ont dû introduire des instances en relèvement de tarifs.

Les recettes d'exploitation pour 1916 ont été de 8 152 877,63 fr contre 7 901 456,76 fr en 1915, les bénéfices ont été de 2 722 885,75 fr contre 2 902 503,50 fr en 1915.

La Société rend compte de la situation des différentes affaires dans lesquelles elle est intéressée.

I. — RÉSEAUX DE TRAMWAYS. — *Compagnie des tramways électriques de Brest.* — Les recettes sont en progression de 20243,32 fr, les bénéfices nets s'élèvent, après prélèvement des charges sociales, à 124 894,27 fr. Un dividende de 12 fr par action a été adopté.

Compagnie centrale de tramways électriques. — L'exploitation des deux réseaux d'Angoulême et de Perpignan est en augmentation de recettes mais aussi de dépenses. Le développement de la poudrerie d'Angoulême a donné lieu à la construction d'une ligne spéciale pour le transport des ouvriers. La Compagnie a continué à verser les indemnités accordées aux victimes de l'accident du 16 novembre 1914. Les bénéfices nets s'élèvent finalement à 195 851,68 fr; un dividende de 12 fr par action a été distribué.

Compagnie des tramways de Cherbourg. — Les recettes d'exploitation se sont élevées à 368 594,70 fr, en augmentation de 17 196,83 fr; les dépenses ont atteint 245 511,77 fr, en augmentation de 34 970,01 fr en 1915. Les bénéfices nets s'élèvent à 91 110,10 fr. Un dividende de 6 fr bruts a été attribué aux actions anciennes et de 5 fr aux actions nouvelles libérées des trois quarts. La Compagnie continue à faire le transport de pierre de la Société des Carrières de l'Ouest qui travaille pour la guerre.

Compagnie des tramways électriques d'Oran. — Les dépenses sont passées de 481 678,42 fr à 579 579,91 fr, tandis que les recettes n'accusent que 26 849 fr d'augmentation. La Société a demandé au conseil de préfecture d'Oran le relèvement des tarifs. Les bénéfices nets se sont élevés, après déduction des charges, à 187 210,57 fr. Le dividende a été fixé à 12 fr par action entièrement libérée et 3 fr par action libérée de 100 fr.

Compagnie des tramways électriques de Saint-Etienne. — Les recettes ont augmenté de 153 601,91 fr sur l'année précédente par suite de l'activité des industries travaillant pour la guerre. Par contre, les dépenses sont plus élevées de 97 191,20 fr. Le dividende est porté à 5 fr.

Compagnie du tramway de Bordeaux-Bouscat au Vigean et extensions. — La voie des Pins-Francs raccordant la ligne Bordeaux-Le Vigean à Bordeaux-Saint-Médard a été déclarée d'utilité publique par décret du 27 décembre 1916. Le bénéfice net de l'exercice a été de 495 810,95 fr. Un dividende de 6 fr a été attribué par action.

Compagnie du tramway de Bordeaux à Léognan. — Le décret déclarant d'utilité publique l'établissement de la voie ferrée d'intérêt local du Pont-de-la-Maye au Bouscaut a été rendu le 6 février 1917. Les recettes sont en augmentation sur la Compagnie; le dividende de 3,50 fr par action est maintenu.

Compagnie des tramways électriques de Bordeaux-Pessac. — Les recettes de l'exercice sont de 396 216,90 fr contre 372 332,23 fr en 1915. Le dividende est porté de 4 fr à 5 fr sur 14353 actions libérées et de 3 fr à 3,75 fr sur 7 000 actions libérées des trois quarts.

Compagnie des tramways électriques de Caen. — Les recettes ont été à peu près égales à celles de l'année dernière, mais les dépenses sont beaucoup plus fortes. Le solde bénéficiaire s'est élevé à la somme de 36 478,70 fr. La Société a décidé de ne pas distribuer de dividende et d'augmenter le compte de fonds d'amortissement et de renouvellement en vue des travaux de réfection qui n'ont pu être faits en temps opportun.

Société anonyme des tramways électriques de Châlons-sur-Marne. — Comme dans les autres compagnies les dépenses sont en augmentation, non seulement par suite de la hausse des matières premières, mais aussi par les fréquentes réparations faites aux voies éprouvées par le passage des convois militaires. Un dividende de 1 fr est distribué aux 3 700 actions du capital.

Compagnie des tramways électriques de Charleville, Mézières et Mohon. — La Compagnie est toujours sans nouvelles de l'état de son réseau et de son matériel.

Compagnie du tramway d'Eu au Tréport. — Les recettes ont augmenté par suite du mouvement amené par les troupes anglaises et belges cantonnées dans la région. Le solde est reporté à nouveau.

Compagnie des tramways électriques de Montpellier. — Les recettes sont supérieures de 23 008 fr sur celles de 1915;

Digitized by Google

les bénéfices nets s'élèvent à 172235,01 de fr. Le dividende 7,50 fr par action est maintenu.

Compagnie des tramways électriques de Dijon. — Une augmentation de 60090,60 fr s'est produite sur les recettes, mais aussi une augmentation de 81505,55 fr sur les dépenses. Le bénéfice net a été de 184149,03 fr; le dividende distribué est de 15 fr par action.

Compagnie des tramways de Lorient. — Les recettes ne sont pas compensées par les dépenses. Le solde, après déduction de la réserve légale, se monte à 5340,40 fr; il a été reporté à nouveau.

Compagnie des tramways de Tours. — L'exercice 1916-1917 présente un solde déficitaire de 155969,29 fr. Un décret a autorisé le relèvement partiel des tarifs, il sera appliqué à Tours à partir du 9 février suivant. La Compagnie s'est mise d'accord avec la ville et le département pour obtenir une nouvelle autorisation d'augmentation de tarif.

Société des tramways de Tours à Vouvray. — Cette Société, comme la Compagnie de Tours, a éprouvé les mêmes difficultés; elle s'est solidarisée avec elle dans les pourparlers avec le département. L'exercice 1916 s'est soldé par une perte de 3019,84 fr qui, déduite du report précédent, laisse un reliquat de 5556,67 fr reporté à nouveau.

Compagnie des tramways électriques de Besançon. — Les recettes sont en augmentation de 36711,70 fr et les dépenses de 43141,25 fr. Le bénéfice net ressort à 29208,73 fr; 4 fr par action de dividende est distribué aux 4300 actions de priorité.

Compagnie des tramways de Nimes. — Le bénéfice d'exploitation s'élève à 155852,51 fr, contre 110017,18 fr en 1915. Le dividende est porté de 10 à 12 fr par action.

Compagnie des tramways électriques de Béziers et extensions. — Après prélèvement des charges sociales, les bénéfices nets s'élèvent à 42427,11 fr. L'assemblée générale, après versements aux différentes réserves, décide de reporter à nouveau le solde restant 10623,54 fr.

II. — Réseaux de distribution et d'électricité. — *Société d'électricité de la Picardie.* — Cette Société possède trois grandes usines :

Usine à gaz d'Eu en déficit cette année;

Usine centrale d'Abbeville en construction, les travaux ont été arrêtés;

Usine du Tréport, deux nouveaux groupes générateurs de 300 ch chacun, ce qui porte la puissance installée à l'usine de 600 à 1 200 ch.

La Société a décidé également de prolonger jusqu'à Abbeville la ligne de transport de force dans le Vimeu de manière à pouvoir alimenter la Société du gaz d'Abbeville; ces travaux seront prochainement terminés.

Des pourparlers sont engagés avec les consommateurs d'énergie en vue d'obtenir les relèvements de tarifs.

Société Bretonne d'électricité. — Cette Société a installé une ligne de 15000 v de Lorient à Hennebont-Lochrist en vue d'alimenter les usines de la Société des Cirages français.

La Société des Exploitations électriques présente ensuite le bilan de l'année :

Bilan au 31 juillet 1917.

Actif.

	fr
Actionnaires	165 723,80
Obligations à la souche	10 399 500 »
Portefeuille et participations	21 363 839,41
Frais de constitution et augmentation de capital	1 »
Mobilier et installation des bureaux	2 079,10
Caisses, banques et débiteurs divers	11 181 443,33
Droits de transmission et taxe sur le revenu	41 907,76
Comptes d'ordre débiteurs (titres en dépôt)	238 986,60
	43 393 481 »

Passif.

	fr
Capital : 50000 actions de 250 fr chacune	12 500 000 »
Obligations 4 1/2 pour 100	303 000 »
Obligations 5 pour 100	12 216 500 »
Réserve légale	108 255,90
Provisions pour éventualités diverses	500 000 »
Versements restant à effectuer sur titres et participations	958 712,50
Créanciers divers	14 926 940,79
Coupons à payer et obligations à rembourser	110 924,26
Comptes d'ordre créditeurs (titres en dépôt)	238 986,60
Report du solde des bénéfices de l'exercice 1915-1916	716 790,53
Solde en bénéfice de l'exercice 1916-1917	813 370,42
	43 393 481 »

ERRATUM

Numéro du 5 janvier 1918 :

M. Robin nous signale que, dans l'article qu'il a publié dans la « R. G. E. » du 5 janvier 1918, t. III, p. 5, il a omis les données suivantes se rapportant à la machine d'extraction des mines d'Albi :

La cage est à deux étages;
Le nombre de berlines par cage est : 8;
Le poids d'une berline vide est de 270 kg.

Numéro du 9 février 1918 :

M. H. Pécheux nous signale les erreurs suivantes qui se sont glissées dans son article : « Calcul de la force électromotrice efficace d'un alternateur » paru dans la « R. G. E. » du 9 février 1918, t. III, p. 204.

Page 206, 2e colonne, 22e ligne, lire : $\frac{b+3c}{3T} = \frac{1}{18} + \frac{1}{24} = \frac{7}{72}$; au lieu de : $\frac{b+3c}{3T} = \frac{1}{18}$.

Page 206, 1e colonne, 24e ligne, lire : $K = 16\sqrt{\frac{7}{72}} = 4{,}98$; au lieu de : $K = 16\sqrt{\frac{1}{18}} = 3{,}77$.

Page 206, 2e colonne, 26e ligne, lire : $E_e = 4{,}98\ nNP$; au lieu de : $3{,}77\ nNP$.

Page 206, 2e colonne, 28e ligne, lire : $E''_e = 9{,}96\ mnNP$; au lieu de : $7{,}54\ mnNP$.

Page 207, 1re colonne, 2e ligne, lire : lequel vaudrait 2,49; au lieu de : lequel vaudrait 1,885.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 10. — 9 MARS 1918.

Chronique. — La troisième Foire de Lyon. — L'unification des étalons de longueur employés dans l'industrie. — A propos des surtensions dans un circuit dépourvu de self-induction dans un courant continu. — Bibliographie : La magnéto française. — Académie des Sciences, p. 345-346.

Section scientifique et technique. — Etude des dispositions à employer pour améliorer le facteur de puissance dans les installations utilisant l'énergie fournie par les réseaux de distribution, par W-C. RECHNIEWSKI, p. 347. — Sur les compteurs de tarification complexe, par ILIOVICI, p. 349. — Revues, analyses et informations : Sur le coup de bélier dans une conduite forcée à parois d'épaisseur variable dans le cas d'une fermeture progressive, p. 351 ; Répulsions entre conducteurs en barres, p. 353 ; Evolution de la projection de la lumière, p. 355 ; Variation de la conductivité du mica avec la température, p. 356.

Section industrielle. — L'électricité dans la région de Saint-Nazaire, par Jacques DE SOUCY, p. 357. — Revues, analyses et informations : L'histoire des transformateurs, p. 372 ; Courbes de chute de tension pour les lignes aériennes en fil de cuivre, p. 375 ; L'industrie des produits azotés de 1912 à 1916, p. 376. — Notes pratiques : Râtelier pour fusibles de réserve, p. 378.

Section de législation. — La loi du 21 janvier 1918 relative aux marchés et autres contrats commerciaux conclus avant la guerre, par Paul BOUGAULT, p. 379. — Législation, jurisprudence, réglementation : Décrets modifiant le décret du 10 août 1917 réglant la composition et les conditions de fonctionnement de l'office de reconstitution industrielle des départements victimes de l'invasion et nommant les membres de cet office, p. 383 ; Décret portant règlement d'administration publique pour l'exécution de l'article 47, 1er et 2e de la loi du 31 juillet 1913 relative aux voies ferrées d'intérêt local, p. 383 ; Circulaire relative aux attributions du ministère de l'Agriculture et du ministère de l'Armement en ce qui concerne les usines hydro-électriques, p. 384.

La troisième Foire de Lyon. — La Foire de Lyon a été ouverte le 1er mars. Le chiffre des firmes représentées est, cette année, de beaucoup supérieur à celui de l'année dernière ; il atteint le nombre de 3 176 se décomposant, par nationalités, ainsi qu'il suit : France, 2 316 ; Angleterre, 107 ; Italie, 40 ; Russie, 1 ; Etats-Unis, 543 ; Suisse, 114 : Espagne, 33 ; Hollande, 22.

Cette affluence de participants a nécessité la construction de nouveaux stands.

La Foire est groupée en trois groupes, cette concentration permet une visite rapide. Les groupes se rapportant aux industries métallurgiques, mécaniques, électriques, aux produits chimiques, au matériel de tissage, sont situés place Morand, quai de l'Est, quai de la Tête d'Or et avenue du Parc.

Le deuxième groupe comprenant le transport, le tourisme, la céramique, etc., est situé cours de Verdun et place Carnot.

Le troisième groupe : imprimerie, papeterie, publicité, librairie, photographie, automobiles, se trouve place Bellecour.

Le 3 mars, il a été procédé à la pose de la première pierre du Palais de la Foire. Ce Palais qui couvrira une superficie de 120 000 m² sera doté de tout le confort moderne et donnera asile à 5 000 participants. Son édification coûtera plus de 20 millions de francs.

La troisième Foire de Lyon s'annonce comme un grand succès ; elle sera la consécration définitive d'une institution qui devient un merveilleux instrument économique pour notre pays.

L'unification des étalons de longueur employés dans l'industrie. — Il pourrait sembler que, par suite de l'existence déjà ancienne d'un organisme international dans le domaine de la métrologie, le Bureau international des Poids et Mesures, il ne puisse y avoir aujourd'hui aucune divergence entre les étalons secondaires qui sont mis entre les mains des industriels dans les différents pays ayant adhéré à la Convention du Mètre. D'après une note de M. Eugène MARTET, ingénieur des Arts et Manufactures, publiée récemment (1), il n'en serait pas ainsi, et certains industriels français construisant du matériel de guerre se trouveraient avoir jusqu'à trois types d'étalons de longueur

(1) *La Technique moderne*, janvier 1918, t. x, p. 30.

Digitized by Google

non rigoureusement comparables, ce qui non seulement donne lieu à de nombreuses contestations lors de la réception des objets fabriqués, mais encore a parfois pour conséquence des ruptures de ceux-ci quand ils sont formés de plusieurs parties construites et vérifiées avec des étalons différents.

Cette divergence des étalons industriels provient de ce que la température de référence choisie pour leur établissement d'après l'étalon international du mètre n'est pas la même suivant les pays. Alors que, en France, on reproduit la longueur métrique sur des étalons secondaires maintenus à la température de la glace fondante, en Angleterre et aux Etats-Unis on la reproduit sur des règles dont la température est voisine de 16° et, en Allemagne, sur des règles portées à 20°. De là les trois types d'étalons qui peuvent se rencontrer dans les ateliers et qui se trouvent effectivement dans certains d'entre eux.

Les inconvénients de ce défaut d'unification, qui passaient inaperçus il y a quelques années, sont apparus pendant la guerre par suite de la haute précision exigée dans les fabrications de guerre : d'après M. Martet, des lots d'obus de 75 mm ont été rebutés parce que leur fabrication avait été réglée à l'aide de micromètres et de palmers américains étalonnés à 16°, alors que la réception s'effectuait avec des calibres vérifiés par l'Artillerie, c'est-à-dire dans le système à 0°; des ruptures d'arbres d'hélices d'avions ont été constatées parce que les portées et alésages étaient vérifiés au moyen de jauges établies dans un système différent de celui adopté pour les calibres qui servaient à vérifier les roulements.

Aussi M. Martet conclut-il que « la plus importante et la plus urgente des unifications est celle des étalons de longueur ». Il fait d'ailleurs remarquer que la question est solutionnée depuis 1911 par la résolution suivante du Comité international des Poids et Mesures : « Afin de permettre la réalisation d'une unification, que le développement de la précision dans l'industrie rend urgente pour l'uniformité de la fabrication dans tous les pays, le Comité international des Poids et Mesures recommande instamment que la température de la glace fondante soit celle pour laquelle on ajuste désormais les étalons industriels le plus près possible de leur valeur nominale ». Déjà, en 1895, l'Artillerie avait officiellement adopté pour ses services l'étalonnage à 0°; les services de la Marine s'y sont ralliés en 1915; il ne semble donc pas y avoir de difficultés sérieuses à ce qu'il soit également adopté par les services de l'Armement.

A propos des surtensions dans un circuit dépourvu de self-induction en courant continu. — Au sujet de l'article de M. H. Chaumat publié dans la « R. G. E. » du 9 février, t. III, p. 203, M. J.-B. Pomey nous adresse la lettre suivante :

J'ai l'honneur de vous signaler une simplification de la formule (1) donnée par M. Chaumat dans sa communication sur un phénomène de surtension dans un circuit dépourvu de self-induction en courant continu.

On a, en effet, tout simplement

$$(1) \qquad U' = E\left(1 - \frac{\rho_1 e^{\rho_1 t} - \rho_2 e^{\rho_2 t}}{\rho_1 - \rho_2}\right).$$

Il est facile de vérifier cette formule en remarquant que si Q et c sont les charges des condensateurs C et c' on a

$$U' = \frac{Q}{C} + \frac{Q'}{C'} \qquad \frac{dU'}{dt} = \frac{I}{C} + \frac{I'}{C'}$$

avec les conditions suivantes :

1° Pour t infini $Q' = 0$, $Q = CE$, d'où $U' = E$;

2° Pour $t = 0$ $\begin{cases} Q_0 = 0, \quad Q'_0 = 0, \\ I_0 = E\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right), \; I'_0 = \frac{E}{R'}. \end{cases}$

Les diverses conditions sont satisfaites par l'équation (1), les unes de toute évidence, la dernière parce qu'on a

$$E\left(\frac{1}{C}\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) + \frac{1}{CR'}\right) = E(\rho_1 + \rho_2),$$

d'après l'équation caractéristique.

Veuillez agréer, etc.

J.-B. Pomey.

Bibliographie : La magnéto française, par L.-B. Fanor (1). — Ce petit volume n'est pas destiné aux ingénieurs électriciens, mais aux candidats aux examens d'élèves officiers du service automobile et aux amateurs de l'automobilisme. L'auteur met à la portée des personnes ne possédant aucune connaissance spéciale les phénomènes essentiels qui entrent en jeu dans le fonctionnement des magnétos d'allumage et il décrit sommairement les pièces principales qui composent la machine ainsi que leur rôle respectif.

Il examine ensuite les différents types de magnétos de fabrication française : les magnétos Lavalette, celles de la Compagnie générale des magnétos, de S. E. V., la magnéto P H I (Blériot), celle de la Société des moteurs Salmson (Système Canton-Unné), la magnéto Victrix et la magnéto S. M. A. Il étudie les différentes caractéristiques de ces machines qui toutes valent bien les magnétos des meilleures marques allemandes, donne leurs descriptions accompagnées de dessins et de photographies et fait connaître tout ce qui est nécessaire pour en assurer une marche irréprochable et un réglage parfait.

Académie des Sciences. — Séance du 25 février 1918. — Nous signalons à nos lecteurs, parmi les communications et notes présentées à cette séance à l'Académie des Sciences, une communication de M. André Blondel : « Détermination graphique des inductances totales directe et transversale des alternateurs au moyen des caractéristiques partielles, calculées ou relevées »; ainsi que les notes de MM. Pierre Weiss et Auguste Piccard : « Sur un nouveau phénomène magnétocalorique »; de M. Ph. Flajolet : « Perturbations de la déclinaison magnétique à Lyon (Saint-Genis-Laval) pendant le 4e trimestre de 1917 » et de M. Joseph Costa : « Sur le rôle que l'électricité industrielle pourrait jouer en agriculture ».

(1) Un volume 17 cm × 11 cm de 91 pages et 32 fig. édité par H. Desforges, 29, quai des Grands-Augustins, en vente au journal *l'Auto*, 10, faubourg Montmartre. Prix : 3 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Étude des dispositions à employer pour améliorer le facteur de puissance dans les installations utilisant l'énergie fournie par les réseaux de distribution

Par suite du développement considérable qu'ont pris pendant la guerre les applications mécaniques de l'énergie électrique et par suite de l'abaissement du facteur de puissance qui en est résulté dans les réseaux de distribution, l'amélioration de ce facteur de puissance est aujourd'hui l'une des principales préoccupations des ingénieurs électriciens. La « Revue générale de l'Electricité » a publié récemment sur ce sujet, d'une part, une communication de M. P. Boucherot à la Société internationale des Electriciens intitulée « La tarification de l'énergie électrique eu égard au cos φ de l'abonné » (1); d'autre part, une étude pratique de M. T. Scoumanne sur « L'amélioration du facteur de puissance d'une grande installation d'énergie électrique » (2) où l'auteur prend comme exemple l'importante installation qu'il dirige. On trouvera ci-dessous une nouvelle contribution à cette étude : la communication faite par M. Rechniewski à l'une des derniers séances de la Société internationale des Electriciens (3).

I. — Au fur et à mesure que l'usage des moteurs d'induction s'est répandu, le facteur de puissance des installations a baissé et les choses en sont arrivées actuellement à un tel point qu'il est urgent de développer les moyens d'améliorer cette situation.

Dans les installations actuelles, tous les appareils, sauf les moteurs synchrones, ont, à des degrés différents, un facteur de puissance inférieur à l'unité ; mais c'est le moteur d'induction qui est surtout coupable. Avec tous les autres appareils, tels que les lampes et transformateurs, il serait relativement facile de se maintenir à la charge normale de l'installation au-dessus de 0,8 comme facteur de puissance, tandis que le cas est bien différent dans une installation qui emploie en majorité des moteurs d'induction, comme telle a été la tendance jusqu'à ces temps derniers.

En effet, un moteur d'induction travaille à pleine charge avec un facteur de puissance suffisamment élevé, 0,8 à 0,9 pour 100 ; mais, dans presque tous les cas, les moteurs travaillent en moyenne bien au-dessous de leur puissance normale, et, dans ces conditions, le facteur de puissance s'abaisse beaucoup.

On peut admettre que, dans la plupart des installations de ce genre, le facteur de puissance se maintient aux environs de 0,7 pour 100 pour les charges moyennes et, quelquefois, descend beaucoup plus bas.

On a voulu incriminer la qualité des moteurs et, en effet, il serait possible, en diminuant les entrefers, de construire des moteurs ayant un facteur de puissance meilleur; mais cette amélioration, à notre avis, n'est pas suffisante, tout en ayant des inconvénients mécaniques, car le cosinus aux faibles charges resterait mauvais.

On a conseillé de mieux proportionner les moteurs à leur puissance moyenne. Il faut évidemment le faire et certaines installations pourraient être améliorées de cette façon. Mais, lorsqu'on étudie la moyenne des cas, on se rend facilement compte que ce procédé a des limites qu'on ne peut dépasser.

En effet, prenons le cas d'une machine-outil : tour, fraiseuse ou raboteuse, capable d'absorber 10 ch. Il est bien rare qu'elle travaille à sa pleine puissance ; et, en fait, elle marche souvent avec des charges infimes. Il faudrait presque avoir un moteur de puissance différente pour chaque charge ou genre de travail, ce qui serait évidemment peu pratique.

Étant donné cet état de fait, il faut examiner les différents procédés que l'on peut employer pour relever le facteur de puissance.

Les principaux sont 1° l'emploi de condensateurs statiques sur la haute ou la basse tension ; 2° l'emploi d'avanceurs de phases pour améliorer le facteur de puissance dans certains moteurs particulièrement mauvais, tels que moteurs lents à grand nombre de pôles et à entrefer notable ; 3° l'emploi de moteurs synchrones surexcités placés dans les installations ou à certains points particuliers du réseau, et destinés à fournir du courant magnétisant aux moteurs environnants ; 4° l'emploi le plus étendu possible de moteurs synchrones dans les installations.

Le premier procédé n'a pas donné de résultats pratiques, en raison de la fragilité des condensateurs, de la difficulté du réglage, du prix élevé, etc.

(1) *R. G. E.*, 19 janvier 1918, t. III, p. 83-89.
(2) *R. G. E.*, 9 et 23 février 1918, t. III, p. 211-231 et 281-301.
(3) *Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, janvier 1918, t. VIII, 3e série, p. 13-19.

Digitized by Google

Le second procédé peut être intéressant dans certains cas limités, pour améliorer le cosinus d'un moteur particulièrement mauvais.

Le troisième procédé est d'une application commode et tout à fait générale, et est très répandu dans certains pays depuis quelque temps.

Plusieurs maisons ont même établi des types spéciaux de construction mécanique légère, puisqu'il n'y a pas de couple à transmettre, démarrant suffisamment facilement, et que l'on peut placer dans les points appropriés du réseau.

L'installation des moteurs synchrones surexcités constitue une dépense imprévue et occasionne une certaine consommation d'énergie pour les entretenir en mouvement.

Il s'agit de savoir si l'amélioration qu'ils produisent est suffisante pour justifier cette dépense.

II. — **Emploi des moteurs synchrones surexcités pour produire le courant magnétisant.** — Il est assez difficile de faire un calcul général tenant compte des conditions de chaque installation. Mais on peut se rendre compte que, dans la grande majorité des cas, une telle installation est justifiée, et admettre qu'elle sera amortie en 2 ou 3 ans par les économies qu'elle aura permis de réaliser.

On entend quelquefois soutenir l'opinion que la plupart des inconvénients d'un mauvais facteur de puissance proviennent de ce que le système de distribution, alternateurs, ligne et transformateurs, n'a pas été bien calculé en vue du résultat, et que la meilleure solution aurait été de prévoir les alternateurs, la ligne et les transformateurs pour le cosinus réel de l'installation.

Nous ne croyons pas que cette opinion soit juste.

En effet, comme, en général, on ne sait pas à l'avance quel sera le développement de la distribution dans l'avenir, il faudrait prévoir toutes les installations pour un facteur de puissance bas, 0,65 à 0,7 pour 100 par exemple, tandis que l'adjonction d'un moteur synchrone surexcité permet d'améliorer le cosinus là où il est mauvais, et au fur et à mesure que les alternateurs, la ligne et les transformateurs deviennent insuffisants, ce qui conduit à une dépense plus faible et échelonnée.

Pour faire la comparaison des dépenses dans les deux cas, prenons une installation type.

Supposons un centre de distribution absorbant 3 000 kw avec un $\cos\varphi = 0{,}7$, devant être alimenté par une station éloignée au moyen de transformateurs élévateurs, d'une ligne et de transformateurs abaisseurs, et considérons les deux cas suivants : A. La station génératrice et le réseau de distribution ont été prévus pour $\cos\varphi = 0{,}9$ et l'on a ajouté un moteur synchrone surexcité suffisant au centre de distribution pour relever le cosinus à ce chiffre. B. L'installation entière a été prévue pour $\cos\varphi = 0{,}7$.

Dans le cas A, il faut installer un moteur synchrone surexcité d'environ 1 500 kv-A, qui prend pour tourner à vide une puissance continue de 75 kw environ.

Dans le cas B, il faut prévoir les alternateurs pour une puissance en kilovolts-ampères de $\frac{9}{7}$ de 3 000 kw, c'est-à-dire 3 850 kv-A, soit 850 kv-A de plus, et il faudrait encore majorer ce chiffre et le porter à 950 kv-A environ pour tenir compte de la perte en ligne.

Les transformateurs élévateurs et abaisseurs, ainsi que la ligne, doivent être augmentés dans la même proportion, soit de 900 kv-A chacun en moyenne.

On se rend facilement compte que les frais de premier établissement seront plutôt plus élevés dans ce cas que dans le cas A. Il restera, de plus, l'inconvénient d'un réglage de tension plus difficile.

Reste à comparer les rendements :

Le moteur synchrone du cas A absorbe pour tourner environ 75 kw.

Dans le cas B, où nous avons augmenté la puissance des alternateurs, des transformateurs et de la ligne, proportionnellement au courant, c'est-à-dire en conservant approximativement la même densité de courant, les pertes seront augmentées proportionnellement à l'augmentation du poids du cuivre.

Si nous admettons, par exemple, une perte normale de 10 pour 100 dans le cuivre des alternateurs, des transformateurs et de la ligne, nous arrivons à une perte de $\frac{9}{7}$ de 10 pour 100, soit 13 pour 100, ou une augmentation de 3 pour 100, c'est-à-dire environ 90 à 100 kw de plus, par conséquent plus qu'il n'est nécessaire pour faire tourner le moteur synchrone surexcité.

On voit donc que, même dans ce cas théorique où d'avance on a prévu, dans la solution B, la centrale pour le facteur de puissance exact réalisé, l'avantage reste à la solution A, c'est-à-dire qu'il est préférable de prévoir la station centrale et la distribution pour un $\cos\varphi$ de 0,9 et d'installer un ou plusieurs moteurs synchrones surexcités relevant à ce chiffre le facteur de puissance au centre de distribution.

En pratique, l'avantage de la solution par moteur synchrone surexcité est encore plus considérable, car elle permet de n'agir que sur les points défectueux du réseau, au fur et à mesure que ces défectuosités se manifestent. Elle permet, de plus, de standardiser toutes les installations des stations centrales pour $\cos\varphi = 0{,}9$ par exemple, ce qui est très important à tous points de vue et permet, notamment, d'augmenter la puissance maximum des turbo-alternateurs à 3 000 kw qui est limitée pratiquement par la puissance en kv-A des alternateurs.

Le réglage de la tension est plus facile que pour $\cos\varphi = 0{,}7$.

Enfin, les dépenses pour l'amélioration du facteur de puissance peuvent n'être engagées qu'au fur et à mesure que les câbles arrivent à bout de puissance et dans les endroits où le cosinus devient mauvais.

III. — **Emploi des moteurs synchrones surexcités pour la production de la force motrice.** — Nous arrivons à l'emploi des moteurs synchrones surexcités non seulement pour produire le courant magnétisant, mais aussi de la puissance motrice sur l'arbre.

Digitized by Google

C'est le procédé qui donne l'économie maximum partout où il peut être employé.

En effet, un moteur donnant par exemple 700 kw de puissance sur l'arbre et 700 kv-A de courant magnétisant ne correspond qu'à une puissance réelle de 1 000 kv-A au point de vue construction, à cause de la composition à angle droit des deux courants actif et réactif, ce qui est avantageux, non seulement au point de vue du prix d'achat, mais aussi au point de vue du rendement.

Il faut donc préconiser l'emploi des moteurs synchrones partout où cela est possible, c'est-à-dire partout où l'on peut démarrer à vide : par exemple, pour commander les transmissions, les compresseurs, pour les groupes moteurs générateurs.

Les commutatrices rentrent dans la même catégorie.

IV. — **Un exemple pratique.** — Enfin, pour finir, il nous a paru intéressant d'illustrer les considérations qui précèdent par un exemple concret.

Une de nos Compagnies de chemins de fer a électrifié récemment un de ses ateliers. Cette installation a été bien faite : les moteurs sont de bonne qualité, c'est-à-dire ont un facteur de puissance normal. Ils ne sont pas plus puissants qu'il ne faut. L'installation se prête donc bien à la comparaison que nous voulons faire. Malgré cela, par suite de la faible charge inévitable de la plupart des moteurs, le cosinus descend normalement à 0,67. Voici, du reste, quelques précisions.

Puissance moyenne absorbée par l'atelier de X pour la force motrice (environ)	500 kw
Prix du kilowatt-heure pendant la guerre tant que le facteur de puissance ne descend pas au-dessous de 0,8	0,65 fr
S'il descend plus bas, ce prix doit être majoré du rapport de $\frac{0,8}{\cos \theta}$.	
Valeur moyenne du facteur de puissance de l'installation	0,67
Dans ces conditions, la somme annuellement payée pour la fourniture d'énergie électrique pour force motrice est d'environ	193 000 fr
Celle qui aurait dû être payée si le facteur de puissance avait été égal ou supérieur à 0,8 est de	162 000 fr
Par conséquent, le supplément payé annuellement pour insuffisance de facteur de puissance par rapport à 0,8 est de	31 000 fr

Étant donné cet état de choses, la Compagnie a installé dans son atelier, pour permettre de relever le facteur de puissance de 0,67 à 0,8, un moteur synchrone surexcité de 180 kv-A fournissant environ 170 kv-A et fonctionnant 3 600 heures par an environ.

Ce moteur devant, dans ces conditions de fonctionnement, absorber, d'après la garantie du fournisseur, 12,1 kw, nécessitera annuellement une dépense supplémentaire d'énergie électrique de 12,1 fois 3600 = 43600 kw-h environ dont la valeur sera

$$43\,600 \times 0,09 = 3\,900 \text{ fr environ.}$$

Si nous y ajoutons 600 fr pour dépense annuelle de graissage et entretien du moteur synchrone, on voit que l'installation de ce dernier procurera annuellement une économie de 26500 fr.

Cette dernière somme représentant sensiblement les frais d'achat et d'installation du moteur synchrone, on voit que cet appareil sera amorti en un an, et l'avantage que la Compagnie du chemin de fer trouvera à son installation ressort clairement.

Les chiffres que nous venons de citer se rapportent à l'époque actuelle, c'est-à-dire sont très majorés tant en ce qui concerne le prix de l'énergie électrique que le prix d'achat et d'installation du moteur synchrone.

L'étude attentive qui a été faite permet cependant de conclure que, avec les prix d'avant-guerre, tant en ce qui concerne la fourniture d'énergie électrique que l'installation du moteur, les résultats auraient été exactement les mêmes et le moteur aurait été amorti dans le courant d'une année.

On peut objecter à ceci que la grande économie trouvée provient du fait que, au-dessous d'un facteur de puissance de 0,80, l'abonné aurait à payer, dans ce cas, le kilovolt-ampère supplémentaire au prix du kilowatt et c'est pour cela que, dans le cours de cette étude, nous avons admis deux ou trois ans pour l'amortissement d'une installation de ce genre, et non pas un an comme il ressortirait de l'exemple ci-dessus.

W.-C. Rechniewski.

Sur les compteurs à tarification complexe

A propos de l'article de M. Boucherot concernant la tarification de l'énergie électrique, paru dans la R. G. E., du 19 janvier 1918, t. III, p. 83. M. Iliovici nous adresse les remarques suivantes.

J'ai lu avec beaucoup d'intérêt l'article de M. Boucherot publié dans la « R. G. E. » du 19 janvier 1918.

Cet article m'a intéressé d'autant plus que j'ai défendu moi-même devant la Commission du déphasage de l'Union des Syndicats la même idée, à savoir que le système de tarification le plus rationnel pour tenir compte du cos φ d'un abonné consiste à lui faire payer la quantité

$$(1) \qquad \int [AUI \cos \varphi + BUI \sin \varphi] \, dt,$$

A et B ayant des valeurs appropriées.

Digitized by Google

J'arrive à cette conclusion en me plaçant, en général, à un point de vue différent de celui de M. Boucherot, point de vue que j'aurai l'occasion de développer.

Pour l'instant, je voudrais faire deux remarques, l'une concernant le dispositif indiqué par M. Boucherot pour obtenir des compteurs donnant la formule (1), l'autre concernant le mode de tarification proposé par M. Arno.

I. Pour obtenir avec un compteur des indications conformes à la formule (1), on peut employer le dispositif indiqué par M. Boucherot (bobine de self-induction en série avec le fil fin de l'appareil) lorsqu'il s'agit de compteurs électrodynamiques (par exemple les compteurs genre Thomson) peu employés pour les courants alternatifs.

Pour les compteurs d'induction, presque exclusivement utilisés, cet artifice ne convient pas. On sait que, dans ces appareils, le flux Φ créé par le circuit à fil fin (circuit « volts ») dans l'entrefer du compteur, doit être déphasé en arrière sur la tension U du réseau d'un angle approprié ψ très voisin de $\frac{\pi}{2}$, *pour que le compteur indique l'énergie active*

$$\int UI \cos \varphi \, dt. \qquad (2)$$

On obtient un flux Φ' déphasé par rapport à U d'un angle ψ' voisin de ψ *en donnant au circuit «volts» la plus grande self-induction compatible avec les exigences de la construction.*

Le complément de ψ' à ψ est obtenu par des artifices, dont le plus employé consiste à mettre une bague en court-circuit sur le trajet des lignes de force magnétiques du circuit à fil fin. Cette bague joue le rôle de secondaire d'un transformateur et, réglée d'une façon convenable, elle déphase le flux résultant Φ dans l'entrefer du compteur d'un angle $\psi - \psi'$ en arrière par rapport au flux primaire Φ' donné par le fil fin seul.

Si on veut que le compteur indique la quantité donnée par la formule (1), il faut que le flux Φ soit déphasé par rapport à U d'un angle : $\psi + \alpha \cong \frac{\pi}{2} + \alpha$, tel qu'on ait

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{B}{A}.$$

Dans un tel compteur, l'introduction d'une self-induction en série avec le circuit « volts » aurait un effet presque nul.

Il existe heureusement plusieurs artifices pour obtenir des compteurs indiquant l'intégrale (1). Nous citerons les deux suivants, qui nous paraissent les plus simples :

1° Sur le circuit magnétique parcouru par les lignes de force créées par la bobine à fil fin b (fig. 1), on place une bobine supplémentaire b' en série avec une grande résistance non inductive : ce circuit est monté en dérivation avec le circuit principal b aux bornes du réseau. Un tel compteur indiquera l'intégrale (1), dans laquelle les valeurs et les signes des constantes A et B dépendront surtout de la position, du nombre de spires et du sens des enroulements b et b' et de la valeur de la résistance r en série avec b'. On dispose donc de plusieurs moyens de réglage.

2° Dans un compteur d'induction des types courants, on renforce l'action de la bague en court-circuit en diminuant, par exemple, sa résistance. Dans un compteur A C T III, 110 v, 10 A, 25 p : sec, nous avons pu obtenir

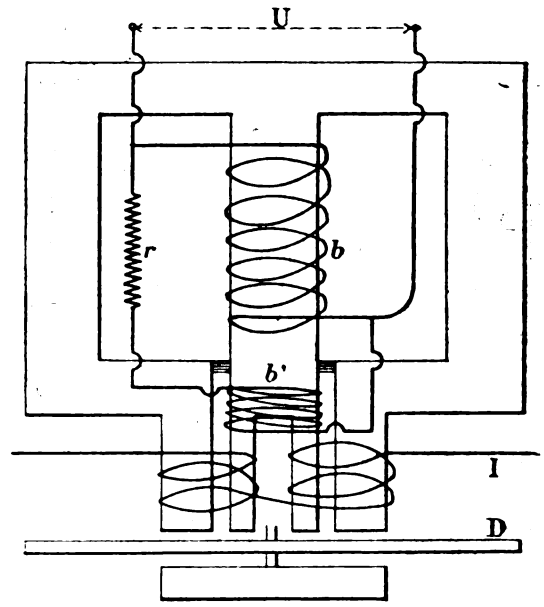


Fig. 1.

par cet artifice un angle α d'environ 40°, ce qui donne $\frac{B}{A} = \operatorname{tg} \alpha \cong 0{,}84$. Pour un compteur ACT III, 110 v, 10 A. 50 p : sec, nous avons pu obtenir $\alpha \cong 60°$, ce qui donne

$$\frac{A}{B} = \operatorname{tg} \alpha \cong 1{,}75.$$

Pour ces angles, la consommation du compteur était à peu près le triple de celle du compteur normal (2,5 w à 3 w environ), mais les valeurs de $\frac{B}{A}$ obtenues sont probablement supérieures à celles qu'on sera amené à adopter dans les compteurs mesurant la quantité (1).

II. — Dans la tarification Arno, il faut distinguer entre la *formule* de M. Arno qui se ramène, comme l'a indiqué M. Boucherot, à la forme

$$\int [A_2 UI \cos \varphi + C_2 UI] \, dt, \text{ avec } A_2 = \frac{2}{3} \text{ et } C_2 = \frac{1}{3}, \qquad (3)$$

et l'*artifice* qu'il emploie pour faire donner aux compteurs d'induction l'intégrale (3).

Digitized by Google

En ce qui concerne la formule d'Arno, je suis tout à fait de l'avis de M. Boucherot; cette formule ne me paraît pas logique. Je l'admets d'autant moins *qu'il serait difficile de construire un compteur qui mesure la quantité* (3) *quel que soit le cos φ de l'installation.*

Les compteurs Arno indiquent en réalité la quantité donnée par la formule (1). M. Arno emploie tout simplement l'artifice que nous avons indiqué au 2°, en réglant la bague en court-circuit de façon à avoir

$$\alpha = 14°,$$

c'est-à-dire

$$\frac{B}{A} = \text{tang } \alpha = 0{,}256.$$

Il est facile de voir que la quantité placée sous l'intégrale (1), c'est-à-dire

$$(4) \qquad y = UI\,(A \cos \varphi + B \sin \varphi)$$

exprimée en fonction de $\cos \varphi = x$, (U, I, A et B étant des constantes) représente une ellipse, tandis que la quantité

$$(5) \qquad z = UI\,(A_2 \cos \varphi + C_2)$$

placée sous l'intégrale (3) représente une droite, mais que, pour des valeurs convenablement choisies de A_1, B_1, A_2 et C_2, les valeurs de y diffèrent peu de celles de z, entre deux limites convenables de $\cos \varphi$.

Ainsi les expressions

$$(4') \quad \int UI\,(0{,}953 \cos \varphi + 0{,}243 \sin \varphi)\,dt \text{ de forme (1)}$$

et

$$(5') \qquad \int UI\,(2{,}3 \cos \varphi + 1{,}3)\,dt \text{ de forme (3)},$$

prennent pratiquement les mêmes valeurs (à 2 pour 100 près) pour $\cos \varphi$ compris entre 0,5 et 0,9 environ.

C'est ce qui a permis à M. Arno de dire que ses compteurs indiquent l'intégrale de l'expression (5), bien qu'en réalité ils indiquent l'intégrale de l'expression (4'). D'ailleurs, plus on s'écarte des limites indiquées pour $\cos \varphi$, plus le compteur retarde sur l'expression (5'). Par exemple, pour $\cos \varphi = 1$, ce retard est de 5 pour 100 environ.

Sans vouloir critiquer les travaux de M. Arno, qui a eu le grand mérite d'avoir l'un des premiers appliqué un système de tarification qui tient compte du $\cos \varphi$, nous ferons remarquer qu'il a soutenu dans ces travaux que la formule (3) était seule rationnelle, par opposition à la formule (1).

Ses critiques ont induit en erreur plusieurs électriciens qui croient que les compteurs Arno donnent des indications conformes à la formule (5') qu'il préconise et nullement à la formule (1) ou (4') qu'il critique.

La mise au point que nous venons de faire nous paraît donc utile.

En résumé : les compteurs type Arno indiquent en réalité une quantité conforme à la formule (1) *dans le cas particulier* (4') *et ceci quel que soit le cos φ de l'installation, tandis qu'ils ne donnent la quantité correspondant à la formule d'Arno* (5') *qu'avec une certaine approximation, laquelle n'est pratiquement suffisante qu'entre certaines limites de cos φ,*

ILIOVICI.

Revues, analyses et informations

Sur le coup de bélier dans une conduite forcée à parois d'épaisseur variable dans le cas d'une fermeture progressive (1).

Nous avons tenu nos lecteurs au courant des très intéressants travaux de M. le comte de Sparre (voir *R. G. E.*, 31 mars 1917, t. I, p. 483, 30 juin 1917, t. I, p. 1017, 29 décembre 1917, t. II, p. 1013), nous leur présentons aujourd'hui une analyse d'une nouvelle communication, faite par ce savant à l'Académie des Sciences.

Soient :

L la longueur de la conduite ;

l, l', l'' les longueurs respectives des 3 sections qui forment la conduite ;

a, a', a'', les vitesses de propagation dans ces 3 sections ;

θ la durée de propagation dans chacune des 3 sections :

$$\theta = \frac{2l}{a} = \frac{2l'}{a'} = \frac{2l''}{a''};$$

Θ la durée de propagation pour la conduite totale;

a_1 la vitesse de propagation moyenne ;

v_0 la vitesse de régime pris du distributeur ;

v_1 la vitesse de régime dans la première section ;

λ_0 la pression statique au distributeur en hauteur d'eau ;

λ le rapport de la surface ouverte du distributeur à cette surface quand l'ouverture est totale ;

λ_0 la valeur initiale de ce rapport ;

ξ_n la valeur du coup de bélier à la fin de la $n^{ième}$ période ;

b une constante ;

g l'accélération de la pesanteur ;

n le nombre des oscillations de l'eau,

Nous avons les relations

$$\Theta = 3\theta, \quad L = l + l' + l'', \quad a_1 = \frac{2L}{\Theta} = \frac{a + a' + a''}{3}.$$

Posons de plus

$$a' = a(1 - \varepsilon), \quad a'' = a'(1 + \eta), \quad \beta_1 = \frac{a_1 v_1}{2g\lambda_0},$$

$$\alpha = \frac{a'}{a} = 1 - \varepsilon, \quad \beta = \frac{a''}{a'} = 1 - \eta.$$

(1) M. le comte DE SPARRE, *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 28 janvier 1918, t. CLXVI, p. 144.

Digitized by Google

Supposons ε et π assez petits et la chute assez haute pour que l'on puisse négliger les termes du deuxième degré en ε, π et ρ_1 quand ils ne sont pas multipliés par v_0 ou par n, on pourra écrire

$$a = a_1\left(1 + \frac{2\varepsilon + \pi}{3}\right), \quad \rho = \frac{a v_1}{2 g v_0} = \rho_1\left(1 + \frac{2\varepsilon + \pi}{3}\right).$$

En remplaçant a par sa valeur en fonction de a_1 dans l'expression du coup de bélier maximum (voir *R. G. E.*, 17 décembre 1917, t. II, p. 1014)

$$\xi_M = \frac{a v_0}{g}\left(\frac{5}{3} - \frac{5\varepsilon + 2\pi}{9}\right),$$

on trouve

$$\xi_M = \frac{a_1 v_0}{g}\left(\frac{5}{3} + \frac{5\varepsilon + 3\pi}{9}\right).$$

Mais $\frac{a_1 v_0}{g}$ est la valeur du coup de bélier pour une conduite d'épaisseur constante : lorsqu'on remplace la vitesse de propagation par sa valeur moyenne, la variation d'épaisseur des parois augmenterait dans le coup de bélier de plus de 66 pour 100.

Ce phénomène ne se présentera d'ailleurs que dans le cas d'une fermeture complète dans un temps très court au plus égal à $\frac{\Theta}{3} = \theta$.

L'auteur montre ensuite qu'au contraire, si la vitesse de fermeture est constante et telle que la fermeture totale s'accomplisse en un temps inférieur à celui d'une oscillation totale Θ, le coup de bélier maximum aura la même valeur que celui qu'on obtiendrait en supposant que la vitesse de propagation est constante et égale à sa valeur moyenne a_1.

L'auteur remarque tout d'abord que, dans cette hypothèse, la valeur maximum du coup de bélier, pour une vitesse de fermeture constante donnée, sera obtenue pour une ouverture initiale telle que la fermeture complète ait lieu en un temps $\Theta = 3\theta$.

Considérons seulement les coups de bélier en fin de période de durée θ : nous avons

$$\lambda_0 = 3b\theta, \quad \lambda'_1 = 2b\theta, \quad \lambda'_2 = b\theta, \quad \lambda'_3 = \lambda'_4 = \ldots \lambda'_n = 0,$$

et le coup de bélier aura pour expressions à la fin des différentes périodes

$$\xi'_1 = 2\rho_1 v_0 b\theta\left(1 - 2\rho_1 b\theta + \frac{2\varepsilon + \pi}{3}\right),$$

$$\xi'_2 = 2\rho_1 v_0 b\theta\left(2 - 2\rho_1 b\theta + \frac{\varepsilon - 2\pi}{3}\right),$$

$$\xi'_3 = 6\rho_1 v_0 b\theta,$$

$$\xi'_4 = 2\rho_1 v_0 b\theta\left(1 - \frac{2\varepsilon}{3} - \frac{5\pi}{3} + 4\rho_1 b\theta\right),$$

$$\xi'_5 = 2\rho_1 v_0 b\theta\left(1 - 4\rho_1 b\theta + \frac{5\varepsilon}{3} + \frac{7\pi}{3}\right),$$

car on a d'après l'approximation admise

$$\alpha = 1 - \varepsilon, \quad \beta = 1 - \pi, \quad m = \frac{4}{(1 + \alpha)(1 - \beta)} - 1 = \frac{\varepsilon + \pi}{2},$$

$$1 - \frac{4\beta}{1 - \alpha^2(1 + \beta)} = \frac{n - \varepsilon}{2};$$

Et la formule $\cos\lambda = \frac{m-1}{2}$ donne

$$\cos\frac{\lambda}{2} = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{\pi - \varepsilon}{4}\right), \quad \frac{\lambda}{2} = \frac{\pi}{3} - \frac{\varepsilon + \pi}{4\sqrt{3}}.$$

Pour avoir la valeur du coup de bélier à la fin des autres périodes on donnera à h les valeurs 5, 6, etc., dans la formule

$$\xi_{n+h-1} = (-1)^{n-1}\left[-\xi'_{h-1} + (\xi'_h + \xi'_{h-1})\frac{\sin\frac{n+1}{2}\lambda\sin\frac{n\lambda}{2}}{\sin\lambda\sin\frac{\lambda}{2}} - \right.$$

$$\left. + (\xi'_{h-1} + \xi'_{h-2})\frac{\sin\frac{n\lambda}{2}\sin\frac{n-1}{2}\lambda}{\sin\lambda\sin\frac{\lambda}{2}}\right].$$

On aura ainsi en faisant $h = 5$.

$$\xi'_{n-4} = (-1)^{n-1}\left[-\xi'_4 + (\xi'_5 + \xi'_4)\frac{\sin(n+1)\frac{\lambda}{2}\sin\frac{n\lambda}{2}}{\sin\lambda\sin\frac{\lambda}{2}} + \right.$$

$$\left. + (\xi'_4 + \xi'_3)\frac{\sin\frac{n\lambda}{2}\sin(n-1)\frac{\lambda}{2}}{\sin\lambda\sin\frac{\lambda}{2}}\right].$$

qui, en tenant compte de la valeur de λ et de l'approximation admise, et en posant

$$A = \frac{2}{3}\rho_1 v_0 b\theta\left(1 + \frac{4\varepsilon}{3}\right),$$

$$B = \frac{16}{3}\rho_1 v_0 b\theta\left(1 - \frac{\varepsilon}{6}\right),$$

$$C = \frac{16}{\sqrt{3}}\rho_1 v_0 b\theta\left(\rho_1 b\theta - \frac{\varepsilon + \pi}{2}\right),$$

devient

$$\xi'_{n-4} = (-1)^{n-1}\left[A - B\cos(2n-1)\frac{\lambda}{2} + C\sin(2n-1)\frac{\lambda}{2}\right].$$

En posant

$$\varphi = \sqrt{3}\left(\rho_1 b\theta - \frac{\varepsilon + \pi}{2}\right).$$

et admettant $\sin\varphi = \varphi$ et $\cos\varphi = 1$

et en écrivant $u = \frac{\varepsilon + \pi}{4\sqrt{3}}$,

d'où

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{\pi}{3} - u, \quad \varphi = \rho_1 b\theta\sqrt{3} - 6u,$$

on obtient

$$\xi'_{n-4} = (-1)^{n-1}\frac{2}{3}\rho_1 v_0 b\theta\left\{1 + \frac{4\varepsilon}{3} - 8\left(1 - \frac{\varepsilon}{6}\right)\cos\left[(2n-1)\frac{\pi}{3}\right.\right.$$

$$\left.\left. + \rho_1 b\theta\sqrt{3} - (2n+5)u\right]\right\}.$$

On voit sur cette formule que la valeur absolue maximum

Digitized by Google

du coup de bélier se produit pour le cosinus $= -1$ et a pour valeur $6\,\rho_1\,\gamma_0\,b\,\theta$ qui est la même que celle que l'on aurait obtenue en supposant la vitesse de propagation constante et égale à sa valeur moyenne a_1. Il se produit de plus un décalage comme l'ont constaté MM. Camichel et Eydoux.

H. C.

Répulsions entre conducteurs en barres.

Dans la « Revue générale de l'Électricité » du 11 août 1917, p. 222, nous avons publié une photographie très instructive, due à M. Scoumanne, qui montre nettement les détériorations que peuvent subir les bobines de réaction par leurs attractions ou répulsions mutuelles. Deux mois plus tard, le 20 octobre 1917, nous indiquions une méthode de calcul qui permettait, d'après H.-B. Dwight, de prédéterminer la « répulsion et l'induction mutuelle des bobines de réaction ». Il n'est pas moins intéressant de savoir évaluer la force de répulsion qui s'exerce entre des barres servant de conducteurs d'aller et de retour pour des courants très intenses.

Lorsque ces barres sont à une distance notable les unes des autres, il suffit de leur appliquer la formule connue que Biot et Savart ont établie pour des fils ronds ; c'est la relation (3) ci-dessous présentée sous une forme pratique ; mais si ces barres sont très rapprochées, comme les barres omnibus ou les circuits à basse tension des fours électriques, la formule des fils cylindriques ne convient plus.

M. H.-B. Dwight (1) arrive, dans ce cas particulier, à des relations très compliquées, mais on s'affranchit de leur emploi en utilisant les abaques dont le tracé est expliqué plus loin. Nous désignerons, pour plus de généralité, par i_1 et i_2 les courants qui se repoussent.

1. Force de répulsion entre deux fils cylindriques parallèles. — Le champ créé par le courant i_1 qui traverse un fil de très petit diamètre est, d'après la formule de Biot et Savart, $H = \frac{2i_1}{s}$ à la distance s cm. Soit i_2 le courant circulant en sens inverse dans un deuxième conducteur parallèle au premier et considérons un centimètre de ce conducteur ; si nous le déplaçons d'une quantité ds, le travail électrique effectué sera $i_2 H ds$; d'autre part, en représentant par F' la force répulsive qui s'exerce par centimètre de conducteur, le travail a encore pour expression $F' ds$; d'où

$$F' ds = i_2 H ds,$$

$$F' = \frac{i_1 i_2}{s} \text{ dynes par centimètre de conducteur,} \quad (1)$$

s étant exprimé en centimètres.

Le raisonnement suivant est plus général et montre que cette formule reste encore vraie pour des fils ronds de très gros diamètre. Le coefficient d'induction mutuelle relatif à deux conducteurs cylindriques, parallèles, distants de s centimètres d'axe en axe, est donné par la formule

$$M = 2 \log_e \left(\frac{2l}{s}\right) - 2 \left(1 - \frac{s}{l}\right), \quad (2)$$

l désignant la longueur de l'un des conducteurs, celui parcouru par le courant i_2. Si on lui imprime un déplacement ds dans le temps dt, il se produit une variation de flux égale à $i_1 \frac{dM}{dt}$ et, par suite, une force électromotrice $e = -i_1 \frac{dM}{dt}$ dans le conducteur i_2 ; le travail électrique correspondant est

$$e i_2 = -i_1 i_2 \frac{dM}{dt} = -i_1 i_2 \frac{dM}{ds} \cdot \frac{ds}{dt}.$$

D'après la formule ci-dessus, $\frac{dM}{ds} = -\frac{1}{s}$; donc

$$e i_2 = \frac{i_1 i_2}{s} \cdot \frac{ds}{dt}.$$

D'autre part, le travail mécanique correspondant est

$$F' \times \frac{ds}{dt} = \frac{i_1 i_2}{s} \cdot \frac{ds}{dt};$$

d'où

$$F' = \frac{i_1 i_2}{s} \text{ dynes par centimètre de conducteur.}$$

La formule est donc indépendante de la grosseur des fils et de leur distance, puisqu'elle se déduit de la relation très générale qui donne M.

Dans les applications, il est intéressant d'avoir la valeur de F' en kilogrammes par mètre de conducteur

$$F_1 = \frac{2 i_1 i_2}{100\, s} \times \frac{100}{981\,000} \text{ kg} \quad (3)$$

par mètre de conducteur, ou, s étant toujours exprimé en centimètres,

$$F_1 = \frac{2 i_1 i_2}{s} \times \frac{1}{981\,000} = 2{,}04 \times 10^{-6} \frac{i_1 i_2}{s} \text{ kg}$$

par mètre de conducteur.

2. Force répulsive entre conducteurs en barres. — Considérons d'abord deux feuillets très minces situés dans des plans parallèles comme le montre la figure 1. La répulsion exercée par le filet dy sur le filet dx est

$$\frac{2 i_1 i_2 s\, dx\, dy}{b^2 [s^2 + (x-y)^2]} \text{ dynes par centimètre.}$$

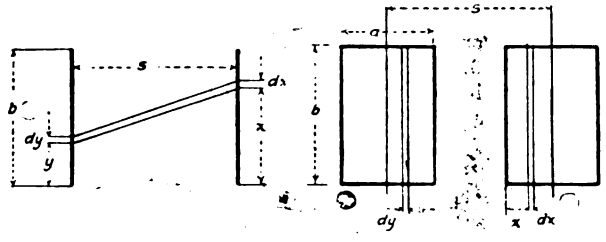


Fig. 1 et 2. — Répulsion entre deux feuillets situés dans des plans parallèles et entre deux barres parallèles.

(1) *Electrical World*, 15 septembre 1917, t. LXX, p. 522-524, 3 fig.

Digitized by Google

En étendant l'intégration successivement à chacun des feuillets, on a

$$(4)\quad F = \frac{4 i_1 i_2}{b} \times \text{arc tg}\,\frac{b}{s} - 2\,\frac{i_1 i_2 s}{b^2}\log_e\left(1 + \frac{b^2}{s^2}\right) \text{ dynes par cm.}$$

L'arc tg $\frac{b}{s}$ doit être exprimé en radians.

La formule relative aux conducteurs en barres de section rectangulaire se déduit de la précédente, en prenant cette fois pour limites de l'intégration successivement les côtés a et b. L'auteur arrive ainsi à la formule suivante :

$$\begin{aligned}(5)\quad F = \frac{2 i_1 i_2}{a^2 b^2}\Big\{ & 2b\left[(s+a)^2 - \frac{b^2}{3}\right]\text{arc tg}\,\frac{b}{s+a} + \\ & + 2b\left[(s-a)^2 - \frac{b^2}{3}\right]\text{arc tg}\,\frac{b}{s-a} \\ & - 4b\left(s^2 - \frac{b^2}{3}\right)\text{arc tg}\,\frac{b}{s} + (s+a)\left[b^2 - \frac{(s-a)^2}{3}\right]\log_e\frac{(s+a)^2+b^2}{s^2} \\ & + (s-a)\left[b^2 - \frac{(s-a)^2}{3}\right]\log_e\frac{(s-a)^2+b^2}{s^2} \\ & - 2s\left[b^2 - \frac{s^2}{3}\right]\log_e\frac{s^2+b^2}{s^2} + \frac{2}{3}(s+a)^3\log_e\frac{s+a}{s} \\ & + \frac{2}{3}(s-a)^3\log_e\frac{s-a}{s}\Big\} \text{ dynes par centimètre.}\end{aligned}$$

Il faut noter que, dans cette formule, s désigne la distance entre axes des barres en centimètres, et i_1, i_2 les intensités en unités absolues.

Cette formule est d'une application plutôt compliquée; mais l'emploi de graphiques va simplifier la question.

3. Courbes donnant la répulsion entre barres. — Tous les conducteurs sont des barres parallèles de section rectangulaire et de même longueur. On porte en abscisses $\frac{s-a}{a+b}$ et, en ordonnées, le rapport $\frac{F}{F'}$, dans lequel F représente la force calculée par (5) et F' la force calculée par (3).

Ces courbes sont encore applicables au cas où l'on a affaire à deux faisceaux de barres très ventilées, c'est-à-dire éloignées les unes des autres. On traite chaque faisceau comme un solide unique dont on mesure a et b, air et matière compris. Si l'on désire plus de précision, on calculera la répulsion exercée par chaque élément du faisceau aller sur chacune des barres du faisceau retour en s'aidant de la figure 3.

La répulsion entre deux feuillets très minces posés à plat sur un même plan est

$$(6)\quad F = \frac{2 i_1 i_2}{a^2}\left[(s+a)\log_e\left(\frac{s+a}{s}\right) + (s-a)\log_e\left(\frac{s-a}{a}\right)\right].$$

Cette formule a servi à construire la courbe supérieure de la figure 3, $\left(\frac{b}{a}\right) = 0$; mais si les deux feuillets sont placés de champ dans des plans parallèles, on obtient la courbe inférieure, $\left(\frac{a}{b}\right) = 0$, par application de la formule (4).

Toutes ces formules ont été établies en négligeant le « skin effect »; ce qui revient à admettre que la densité du courant est uniforme sur toute la section du conducteur.

4. Exemples. — Calculer la répulsion entre deux barres parallèles mesurant : $a = 0{,}64$ cm, $b = 15{,}2$ cm, $s = 3{,}2$ cm (1,25 pouce) et traversées par un courant $i_1 = i_2 = 5000$ A.

$$F = \frac{2{,}04 \times 10^{-6} \times 5000 \times 5000}{3{,}2} = 15{,}9 \text{ kg par mètre,}$$

d'après la formule (3). D'autre part,

$$\frac{a}{b} = \frac{2}{24} = 0{,}04,\quad \frac{s-a}{a+b} = \frac{3{,}2 - 0{,}64}{15{,}84} = \frac{2{,}56}{15{,}84} = 0{,}16;$$

nous aurons donc pour le rapport $\frac{F}{F'}$ environ 0,42 en supposant que la courbe $\frac{a}{b} = 0{,}04$ passe exactement entre $\frac{a}{b} = \infty$ et $\frac{a}{b} = 0{,}10$; donc

$$F = 0{,}42 \times 15{,}9 = 6{,}7 \text{ kg par mètre.}$$

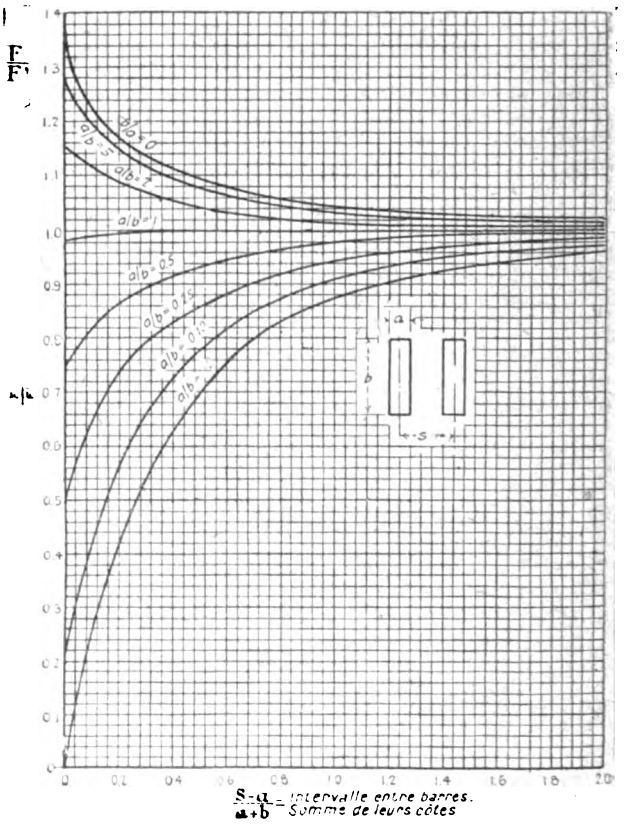


Fig. 3. — Courbes donnant le rapport $\frac{F}{F'}$ des répulsions qui s'exercent entre barres servant de conducteurs d'aller et de retour pour différents rapports entre leurs côtés et différents écartements (F est déduit de (5); F', de (3)).

Calculer la répulsion moyenne entre les barres omnibus d'un système triphasé à 10 000 A par phase.

$$a = 0{,}64 \text{ cm},\quad b = 7{,}6 \text{ cm},\quad s = 15{,}2 \text{ cm}.$$

Soit A, B, C, l'ordre des trois barres situées dans des plans parallèles. Il faut remarquer que les courants sont

Digitized by Google

décalés de 120°; par conséquent, en calculant la répulsion entre A et B d'abord, nous remplacerons i_2 ou i_B par $i_B \cos 120°$. Pour ces deux conducteurs,

$$\frac{a}{b} = \frac{0,64}{7,6} = 0,084, \quad \frac{s-a}{a+b} = \frac{15,2 - 0,64}{0,64 + 7,6} = 1,76.$$

La courbe nous donne $\frac{F}{F'} = 0,96$ et la formule (3)

$$F' = \frac{2,04 \times 10^{-6} \times 10^8 \times \cos 120}{15,2} = 6,6 \text{ kg par mètre.}$$

et

$$F = 0,96 \times 6,6 = 6,3 \text{ kg par mètre.}$$

La répulsion due au courant i_c s'obtiendra en remarquant que

$$\frac{s-a}{a+b} = \frac{30,4 - 0,64}{8,54} = 3,6.$$

Or, pour des valeurs de $\frac{s-a}{a+b}$ supérieures à 2, le rapport F/F' tend asymptotiquement vers l'unité, quelle que soit la valeur de $\frac{a}{b}$. On a donc $F = F' = \frac{6,6}{2} = 3,3$ kg par mètre. La force totale qui agit sur A est donc : $6,6 + 3,3 = 9,9$ kg par mètre.

La réaction de A sur C est aussi de 9,7 kg par mètre.

Quant à la barre médiane B, elle est à la fois repoussée par A et C avec une force dont la valeur moyenne est zéro, bien qu'elle ait une valeur instantanée dirigée tantôt dans un sens tantôt dans l'autre (1).

Bc.

Evolution de la projection de la lumière (2).

Le changement de direction de la lumière par réfraction ou réflexion est connu et employé depuis des siècles.

Les Egyptiens se servaient de miroirs et le livre de Job, l'un des plus anciens écrits du monde, parle de miroirs fondus. Aristophane y fait allusion dans les *Nuées*, et l'on connait la tradition d'après laquelle Archimède aurait, au moyen de lentilles, incendié les vaisseaux des Romains assiégeant Syracuse en 212 avant J.-C.

On attribue à Euclide un traité d'optique traitant des miroirs sphériques concaves, mais c'est à Ptolémée d'Alexandrie au IIe siècle de notre ère que revient l'honneur du plus ancien exemple de recherche physique expérimentale conduite avec méthode. Il étudia la réfraction des rayons lumineux au passage dans des milieux de densités différentes.

Au XIe siècle, l'Arabe Alhazen étendit le champ de ces travaux ainsi que le Polonais Vitellio deux siècles plus tard. Les propriétés des lentilles et leur fabrication commençaient à être connues et l'usage des lunettes devint commun vers la fin du XIIIe siècle. A cette époque on fabriquait des miroirs en versant du plomb fondu sur des plaques de verre chaud, mais au XVIe siècle les Vénitiens employèrent un amalgame d'étain.

Le télescope, dont l'invention est attribuée à Galilée, semble avoir été imaginé en 1608 par le Hollandais Hans Lippershey, un an avant le savant italien. Quant au périscope de tranchée, il procède directement du polémoscope de Hévélius, astronome allemand mort en 1684.

Malgré les connaissances déjà acquises sur le phénomène de la réfraction, c'est seulement en 1621 que Snell exprima la loi qui porte son nom sur la constance du rapport des sinus des angles d'incidence et de réfraction dans un milieu donné.

Huyghens de Hollande, l'inventeur de l'horloge à balancier, exposa en 1678 la théorie ondulatoire de la lumière et, quelques années après, les principes de la réflexion et de la réfraction. Il découvrit aussi la polarisation mais sans pouvoir l'expliquer, et fabriqua des lentilles et des télescopes.

A Newton (1642-1727) sont dus la décomposition de la lumière blanche par le prisme, des télescopes à réflexion et une méthode pour l'étude de la relation entre les couleurs des couches minces et l'épaisseur de ces couches. Il semble extraordinaire que ce grand esprit ait encore soutenu la théorie corpusculaire de la lumière.

Le XVIIIe siècle vit beaucoup de progrès dans les recherches théoriques et dans la réalisation des appareils. Les réflecteurs commencèrent à être en usage en 1745 sur les lanternes des rues et Lavoisier en étudia les propriétés.

Vers 1737, Hall mentionna les principes des combinaisons achromatiques de lentilles, et Dollond les réalisa en 1757 avec des verres de différentes qualités. Lavoisier en 1774 fondait des métaux avec les rayons solaires concentrés par une lentille de 1,2 m de diamètre formée de deux verres concaves enfermant de l'eau. Buffon, en 1748, proposait de faire une lentille à zones concentriques, analogue aux types établis par Fresnel 70 ans plus tard : il fabriqua un miroir à peu près parabolique avec plusieurs centaines de petits miroirs plans de 15 × 20 cm.

Des réflecteurs paraboliques analogues furent employés dès 1763 aux phares de la Mersey et d'autres en cuivre argenté parurent en France en 1790, les miroirs sphériques métalliques les y ayant précédés de 9 ans.

Fresnel commença en 1814 à mettre d'accord les théories et phénomènes observés et par sa conception des vibrations lumineuses transversales put expliquer la réflexion, la réfraction, la polarisation et l'interférence. Il conçut le système de lentille-prisme qui porte son nom.

En 1825, Drummond imagina la lumière oxy-hydrique avec incandescence d'un cylindre de chaux ou d'autre oxyde. Il l'adapta aux projecteurs (attaque du fort Wagner à Charleston 1863) et à l'éclairage théâtral par projection, d'après Elihu Thomson.

Le premier arc électrique parut au théâtre à Paris en 1846 et la première lampe à arc pour éclairage général également à Paris en 1848. Elle était alimentée par une énorme batterie voltaïque et souleva beaucoup de curiosité et d'enthousiasme. Des perfectionnements successifs ont abouti aux modèles actuels de projecteurs à arc consommant de 10 à plusieurs centaines d'ampères avec des miroirs paraboliques jusqu'à 2,1 m de diamètre. Le principal progrès réalisé ces dernières années est dû à Beck qui inventa l'arc-flamme intensif avec charbons rotatifs à âme métallique et refroidissement par courant de vapeur d'alcool.

A propos de réflecteurs ou de miroirs, il faut mentionner le dispositif inventé par Mangin en 1874 pour obtenir le

(1) Dans le texte, les forces F et F' sont exprimées en lb par pied; mais comme dans la figure 3 n'entrent que les rapports de ces forces, les courbes sont indépendantes du système d'unités. Rappelons, cependant, que la livre par pied vaut 1,488 kg par mètre.

(2) C.-A.-B. Halvorson Jr et R.-B. Hussey. *Transactions of Illuminating Engineering Society*, 30 août 1917, t. XII, n° 6, p. 245-259, 7 fig.

Digitized by Google

même effet qu'avec un réflecteur parabolique, tout en étant bien moins coûteux. Il consiste en un verre dont les surfaces extérieure et intérieure sont sphériques, les bords étant plus épais que le milieu. La réfraction compense l'aberration de sphéricité et on obtient un faisceau de rayons sensiblement parallèles.

Les phares sont équipés généralement d'après les systèmes de Fresnel, bien améliorés depuis lors. Ils comprennent un système de lentilles à zones (système dioptrique) et un jeu de prismes à réfraction et réflexion totale (système catadioptrique) : parfois un jeu de prismes à réflexion totale pour renvoyer dans une direction la lumière émise en arrière.

Les réflecteurs ont été perfectionnés par l'emploi simultané de plusieurs coniques et de lentilles (brevets américains de 1853 et 1859, brevets de Skelton en 1872 et Wheeler en 1881 et 1882), mais ces progrès reçurent peu d'application par suite du manque de sources lumineuses concentrées à fonctionnement stable (fixité du foyer) et du trop faible développement de la photométrie à cette époque. Il faut cependant mentionner les combinaisons prismatiques en verre de A.-P. Trotter en 1885 et de Blondel et Psaroudaki en 1896.

En février 1872, lors d'une fête à Londres, on tenta d'illuminer le dôme de Saint-Paul par un grand nombre de lampes de bateaux, mais le résultat fut mauvais. Une revue londonnienne affirmait alors que le meilleur procédé serait l'éclairage par lumière électrique projetée de divers quartiers. Ce procédé de l'éclairage par projection n'avait encore été employé que tout à fait incidemment.

En 1902, le Dr Louis Bell énonçait des principes relatifs à cet éclairage et déclarait que son emploi pour des monuments sombres comme par exemple la « Liberté éclairant le monde » de Bartholdi serait très difficile et en tout cas très coûteux. On sait que le problème a été résolu, on peut dire brillamment, à l'Exposition de San Francisco avec des projecteurs puissants.

L'éclairage par projection a été amené par les expériences de W.-D.-A. Ryan à Nahant (Mass.), le scintillateur à couleurs employé à la fête de Hudson-Fulton et à San Francisco, l'illumination en couleurs des chutes américaine et canadienne du Niagara en 1907 et celle du bâtiment Singer à New-York City en 1908.

Il a été généralisé pratiquement par trois faits :

1° L'installation de lampes à arc magnétite à New Haven (Conn.) en 1911 éclairant en détails les rues et des îlots de 9 étages.

2° L'éclairage fort artistique réalisé à l'exposition de San Francisco par W.-D.-A. Ryan avec des sources lumineuses puissantes cachées à la vue directe ;

3° L'apparition de la lampe à incandescence avec filament concentré et atmosphère gazeuse remplaçant les arcs d'un maniement trop délicat dans les petits appareils. Les autres accessoires disponibles sont les mêmes qu'il y a nombre d'années.

On peut actuellement obtenir n'importe quel effet et n'importe quel genre de distribution de la lumière si l'acheteur veut payer en conséquence. Suivant les cas on emploiera des lentilles polies, des prismes taillés et polis, des prismes holophanes, c'est-à-dire comprimés mais non taillés. Pour les surfaces réfléchissantes, on pourra choisir comme matière entre l'aluminium, l'argent, l'or, le nickel le verre argenté (recouvert d'un dépôt électrolytique de cuivre pour protection et radiation de chaleur) la peinture d'aluminium, l'émail à porcelaine, et comme forme entre les trois coniques, le cercle, les plans ou les combinaisons du tout.

Il existe sur le marché des projecteurs de toutes formes et de toutes puissances (200 à 1 000 000 bougies) pour des angles d'ouverture très variables. Les lanternes avant de véhicules s'étendent du type de 36 w pour locomotives de mines au type de 1 000 w du chemin de fer Chicago Saint-Paul-Milwaukee. L'éclairage avant des automobiles a été beaucoup travaillé ces dernières années, mais en général par des personnes étrangères à la technique éclairagiste et sans qu'on se soit mis d'accord sur le but exact à obtenir ; les dispositifs adoptés sont donc parfois inadéquats. Le problème pourrait être résolu d'une autre façon qu'on ne semble pas avoir envisagée jusqu'à présent ; c'est par l'éclairage complet des routes. Si l'on considère le Massachusetts seul par exemple, la puissance lumineuse totale employée actuellement par les phares d'automobiles suffirait pour éclairer 16 000 km de grande route.

Il semble qu'il y ait beaucoup à faire pour l'illumination des grands espaces découverts. L'éclairage par projection sera aussi appelé à servir pour la publicité et sans doute l'éclairage intérieur pourra-t-il également bénéficier des progrès qui seront réalisés dans cette voie.

Dans la discussion qui a suivi la lecture de cette communication, W.-D.-A. Ryan a donné des chiffres sur les diverses installations réalisées par lui et dont on a parlé ; différents ingénieurs ont appelé l'attention sur l'importance pour l'éclairage par projection de sources lumineuses aussi concentrées que possible, et J.-B. Taylor a présenté quelques observations sur un réflecteur combinant une ellipse et une parabole.

M. B.

Variation de la conductivité du mica avec la température (1).

L'auteur complète les expériences décrites déjà dans « Philosophical Magazine » de juillet 1916 sur la constante diélectrique et la conductibilité électrique du mica dans les champs intenses, en étendant la limite de température jusqu'à 230° C. La méthode consiste à mesurer le courant de charge et le courant de perte d'un petit condensateur au mica et à déterminer le courant de conduction correspondant à des tensions et des températures croissantes. Il a trouvé que ce courant I, exprimé en microampères par centimètre carré, est relié à la tension X, en mégavolts, par la relation $I = aXe^{bX}$. On tire de là : $\log \frac{I}{X} = \log a + bX$; par conséquent, en portant en ordonnées les valeurs de $\log \frac{X}{I}$ et en abscisses, celles de X résultant des expériences, on doit trouver des droites pour chaque température. Effectivement, pour dix températures différentes, on a obtenu des droites rigoureusement parallèles, dont les coefficients angulaires donnent $b = 0{,}787$ et $\log a = 43{,}34 + 15{,}47 \log T$. Cette dernière formule montre que a varie comme la puissance 15,47 de la température. De ces expériences il découle aussi que la constante diélectrique du mica varie très peu entre 0° et 230° C.

B. C.

(1) H.-H. Poole. *Philosophical Magazine*, septembre 1917, 6e série, t. XXXIV, p. 195-204, 3 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

L'électricité dans la région de Saint-Nazaire

L'embouchure de la Loire, qui a toujours été un centre d'industrie métallurgique et de constructions navales, a pris depuis le début de la guerre un très grand développement. Le moment semble donc bien choisi pour présenter à nos lecteurs une étude du secteur électrique qui dessert cette intéressante région. L'auteur de l'article décrit l'usine génératrice de la Société « l'Energie électrique de la Basse-Loire » qui dessert cet important réseau ainsi que les installations du port et de la ville qui utilisent l'énergie électrique comme force motrice.

HISTORIQUE ET GÉNÉRALITÉS

La distribution de l'électricité à Saint-Nazaire et dans la région cotière avoisinante a pris ces dernières années, et particulièrement depuis la guerre, un développement important; la plupart des grandes entreprises et les chantiers de construction navale ayant appliqué aux fabrications de guerre les ressources considérables de leur outillage, ont demandé à la station centrale de Penhoët de la Société Énergie électrique de la Basse-Loire de leur fournir des quantités croissantes d'énergie en se libérant ainsi des difficultés qu'ils auraient rencontrées à se procurer le combustible nécessaire à leurs besoins ou les machines nouvelles pour leurs extensions.

Ainsi se trouve justifié une fois de plus par les circonstances l'axiome des électriciens, d'après lequel la production de l'énergie doit être centralisée entre les mains de spécialistes, de façon à permettre aux industriels de se consacrer exclusivement à la technique propre à leur industrie particulière.

Cette concentration des demandes de charbon à la centrale de Penhoët a d'ailleurs également facilité la tâche de l'autorité chargée de la répartition des combustibles.

Pendant cette période particulièrement difficile, la marche de la centrale a pu être assurée sans arrêt, grâce au dévouement du personnel qui s'est multiplié, mais aussi par une utilisation intensive du matériel qui a fonctionné sans défaillance d'une façon prolongée au delà des limites habituelles de charge.

La station centrale de Penhoët que nous nous proposons de décrire a été construite par la Société Énergie électrique de la Basse-Loire, constituée le 20 février 1911 au capital de 1 200 000 fr. Ce capital qui a été successivement fixé à 1 500 000 fr le 19 juillet 1911, à 2 000 000 fr le 30 octobre 1912 et à 2 500 000 fr le 12 février 1914 va être incessamment porté à 5 000 000 de fr.

Il a été émis, en outre, pour 6 000 000 fr d'obligations en deux séries de 3 000 000 fr chacune; une série à 5 pour 100 brut émise avant la guerre et une série à 6 pour 100 net d'impôts émise en 1917.

L'idée primitive de l'affaire appartient à M. Alfred Contrestin, industriel et vice-président de la Chambre de Commerce de Saint-Nazaire qui avait obtenu de la ville de Saint-Nazaire une concession pour la distribution de l'énergie électrique pour une durée de quarante années ainsi qu'une concession de tramways.

La conception définitive et l'exécution de l'entreprise sont l'œuvre de M. P.-M. Durand, industriel et président du Conseil d'administration de la Société Énergie Industrielle, qui a été aidé dans sa tâche par M. Lasnier, ingénieur des Arts et Manufactures, et M. Roger Durand, ingénieur des Constructions civiles.

La première concession a seule été mise en exploitation, la construction du réseau de tramways n'a pas été réalisée jusqu'à présent.

Les tarifs pratiqués à Saint-Nazaire pour la distribution de l'électricité sont de 0,75 fr le kilowatt-heure pour l'éclairage pendant les quinze premières années de la concession, 0,65 fr pendant les dix années suivantes et 0,60 fr pendant les dernières années; pour la force motrice, 0,40 fr pendant les dix premières années et 0,35 fr pendant les trente dernières années.

L'Énergie Électrique de la Basse-Loire dessert, en dehors de Saint-Nazaire, les communes de Pornichet, Escoublac-La Baule, Montoir, Trignac, Donges, Savenay, Campbon, Bouvron, Blain, Le Temple-de-Bretagne, Saint-Étienne-de-Montluc, Guéménée-Penfao, Nozay, Guérande et Nort-sur-Erdre dont elle a obtenu la concession pour une durée de quarante ans et celles de Couëron et Basse-Indre où elle a une concession de trente années.

La Société exploite, en outre, les réseaux indépendants de Paimbœuf, Ploërmel, Questembert, Malestroit, Locminé et Josselin, dont elle est concessionnaire et qui

Digitized by Google

doivent être progressivement reliées au réseau de distribution générale, ainsi que le montre le plan de la figure 1.

La Société est en instance pour l'obtention de la concession d'un certain nombre d'autres communes; elle s'est, en outre, assuré la distribution de la ville de Redon après accord avec la Compagnie du gaz.

Les prix moyens pratiqués pour la vente du courant sont de 0,80 fr à 0,85 le kilowatt-heure pour l'éclairage et de 0,40 fr pour la force motrice.

Le développement commercial de l'affaire ressort des chiffres du tableau I.

Pour la comparaison des recettes d'exploitation données par le tableau II, il importe de remarquer

Tableau I. — *Energie électrique de la Basse-Loire.*

EXERCICES	PRODUCTION de l'usine kw-h	NOMBRE de clients	NOMBRE de lampes installées	NOMBRE de moteurs installés	PUISSANCE totale de moteurs installés
					ch
1914...	9 700 000	3 037	32 650	890	15 300
1915...	14 800 000	3 998	46 997	1 120	16 150
1916...	20 500 000	4 788	47 372	1 191	17 295
1917...	20 924 868	5 100	55 372	1 320	18 050

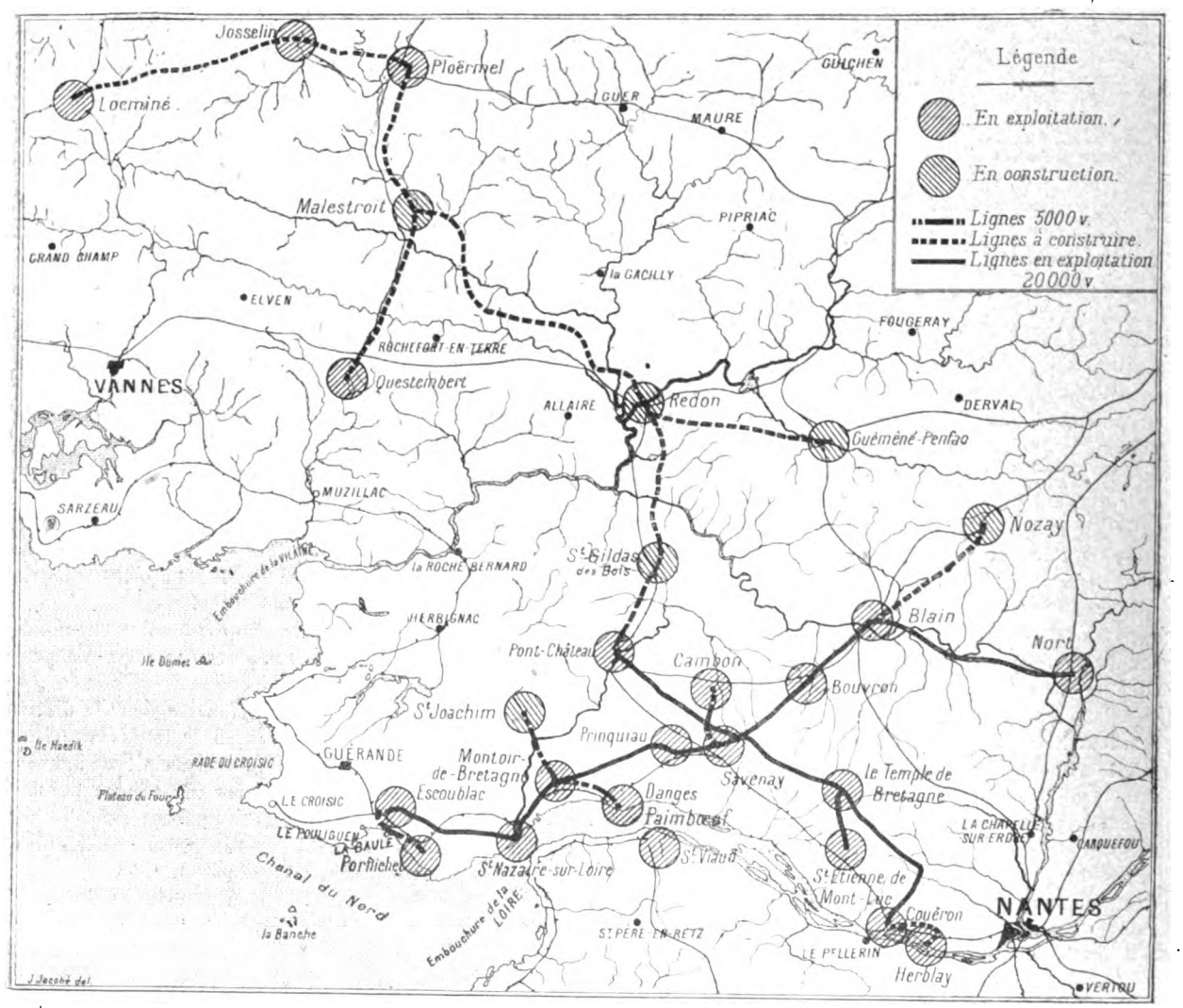


Fig. 1. — Plan général du réseau de distribution de la Société Energie électrique de la Basse-Loire.

que les recettes totales des trois dernières années ont été décomposées en deux parties, la première comprenant seulement les recettes normales suivant les tarifs habituels de vente de courant, et la seconde provenant des suppléments versés pour compenser la hausse du charbon depuis le début de la guerre tableau II .

STATION CENTRALE DE PENHOET

Groupes générateurs. — La station centrale située à Saint-Nazaire dans le quartier de Penhoët, à proximité du chemin de fer et des bassins du port de commerce, comprend actuellement cinq groupes générateurs

Digitized by Google

TABLEAU II. — *Energie électrique de la Basse-Loire.*

	RECETTES D'EXPLOITATION	PRIME DE CHARBON
1912 (1).....	218 701,21	
1913.....	746 509,84	
1914.....	928 727,97	
1915.....	1 336 478,69	463 250,39
1916.....	1 844 537,61	1 603 740,01
1917.....	2 008 902,28	2 740 239,30

(1) Deuxième semestre seulement.

énumérés ci-après suivant leur date d'installation (voir fig. 2).

1° Un *groupe turbo-dynamo Sulzer-Alioth de 1000 kw* comprenant une turbine à vapeur système Sulzer d'une puissance normale de 1 500 ch effectifs tournant à une vitesse de 1500 t : min, construite pour une pression initiale de 12 kg et une température d'admission de 300° centigrades; la partie à haute pression comprend une roue d'action à injection partielle et la partie à basse pression un aubage à réaction à admission totale. La turbine est munie d'un mécanisme de réglage composé d'un régulateur très sensible, d'un servo-moteur et d'une soupape de réglage à double siège, d'un dispositif pour faire

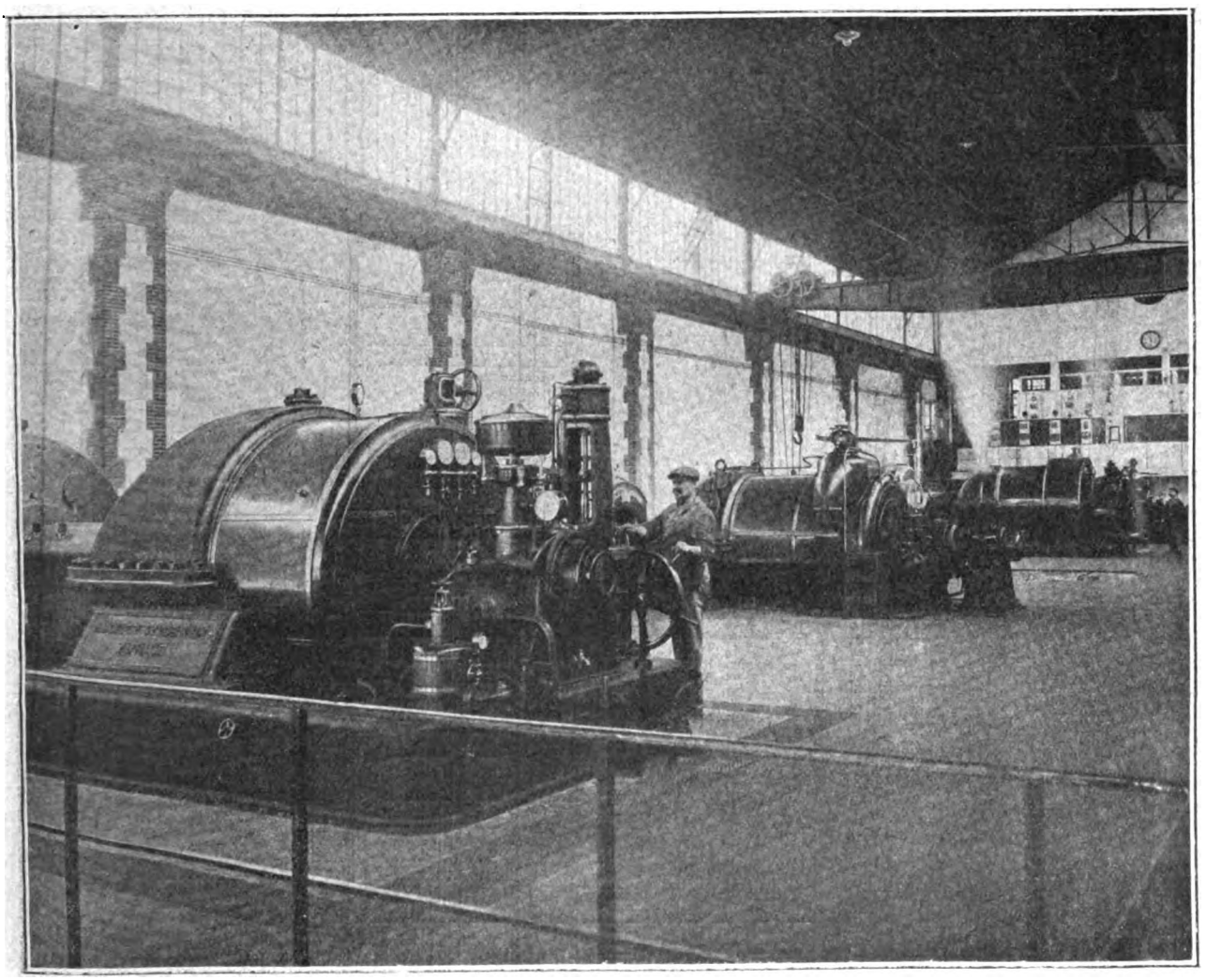


Fig. 2. — Station centrale de Penhoët. Vue intérieure de la salle des machines.

varier à la main de 5 pour 100 la vitesse de la turbine pendant la marche et d'un régulateur de sûreté coupant automatiquement la vapeur si la vitesse admissible est dépassée, ou si le graissage fait défaut.

Cette turbine commande une génératrice à courant continu de 1000 kw capable de débiter 2040 A sous 460-490 v. Le condenseur est à surface avec réfrigération par circulation d'eau de mer puisée au bassin de Penhoët dont l'usine n'est séparée que par l'avenue de Penhoët et le quai de Mean. Il est muni d'une pompe d'extraction des produits de la condensation, d'une pompe de circulation pour refroidissement avec vanne

Digitized by Google

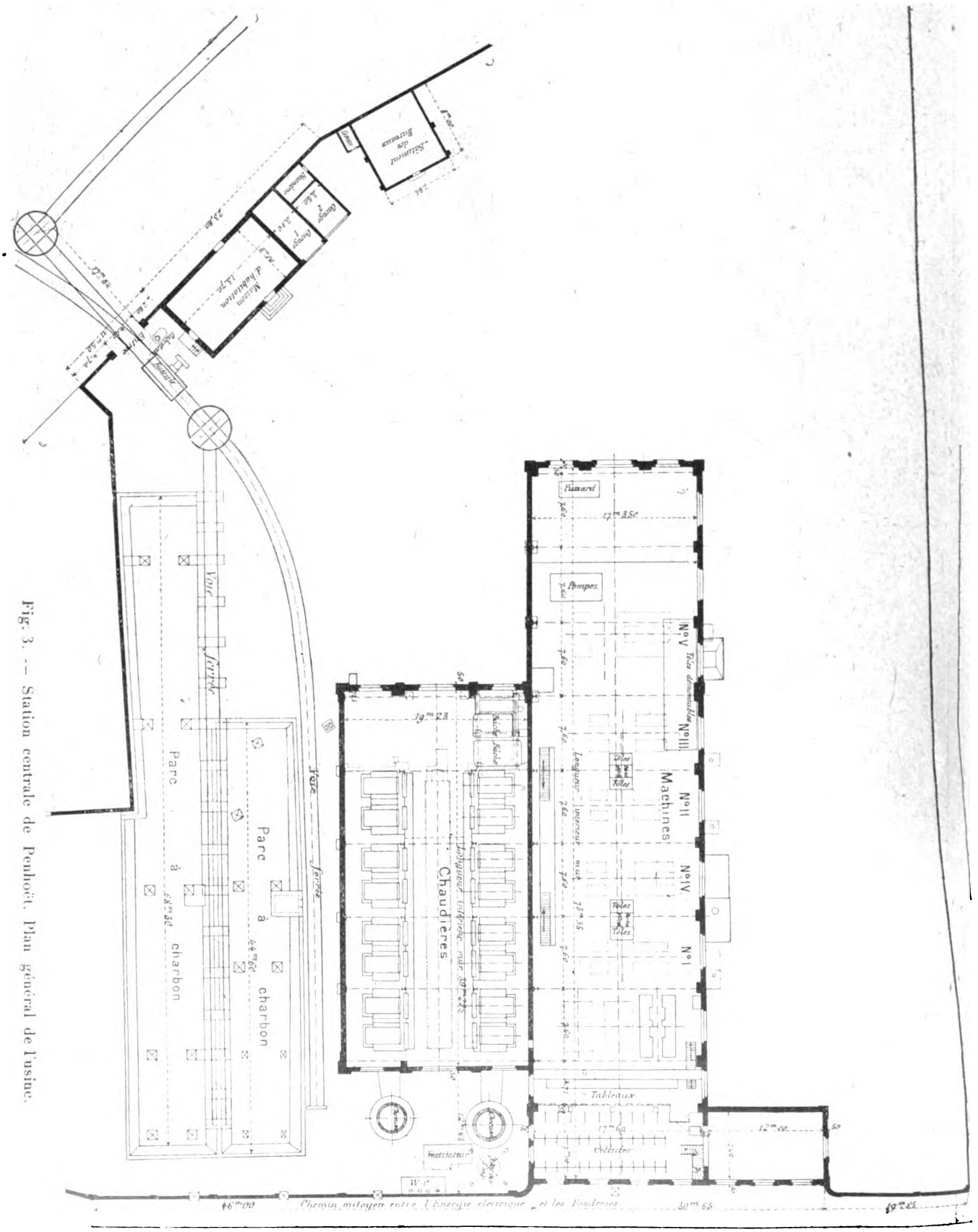


Fig. 3. — Station centrale de Penhoët. Plan général de l'usine.

Digitized by Google

de réglage et d'une pompe à air Westinghouse-Leblanc.

Une turbine à vapeur auxiliaire permet la mise en marche des pompes de la condensation avant la mise en marche de la turbine principale; en service normal celle-ci commande les pompes par attaque mécanique se composant d'un arbre vertical avec embrayage automatique à vis sans fin inférieure et supérieure.

Un dispositif avec servo moteur à huile permet de marcher à volonté à air libre ou à condensation.

2° Un *groupe de turbo-alternateur Sulzer Alioth de 1000 kw* composé de :

Une turbine à vapeur du même modèle et de la même puissance que la précédente.

Un alternateur triphasé Alioth capable de donner une puissance de 1 000 kw avec un $\cos\varphi = 0{,}8$, soit 1 250 kv-A sous une tension de 5 250 v et en tournant à la vitesse de 1 500 t : min.

Une génératrice en bout d'arbre suffisante pour exciter l'alternateur à tous régimes de charge.

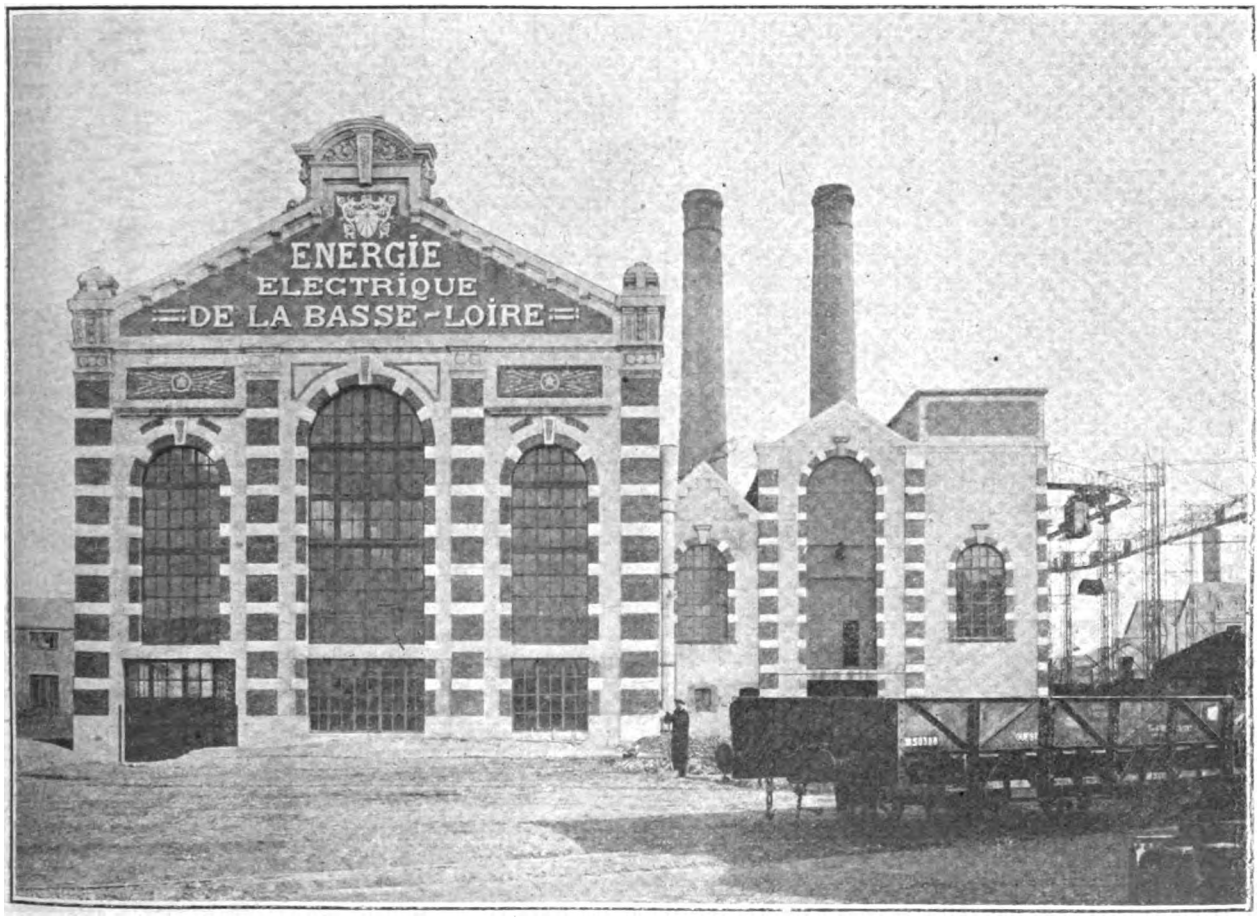


Fig. 4. — Station centrale de Penhoët. Vue extérieure.

Un ventilateur pour refroidissement de l'alternateur.

Enfin, un appareil de condensation semblable à celui du groupe précédent.

3° Un *groupe turbo-alternateur Sulzer-Alioth de 2000 kw* composé de :

Une turbine à vapeur d'une puissance normale de 3 000 ch effectifs tournant à la vitesse de 1 500 t : min du même modèle que la précédente et avec les mêmes accessoires.

Un alternateur triphasé capable de produire 2 000 kw avec $\cos\varphi = 0{,}8$, soit 2 500 kv-A sous une tension de 5 250 v, accouplé directement à la turbine ci-dessus.

Un ventilateur pour refroidissement de l'alternateur et un appareil de condensation semblables à ceux du groupe précédent.

4° Un *groupe turbo-alternateur de l'Electro-Mécanique de 3 500 kw* composé de :

Une turbine à vapeur système Brown-Boveri-Parsons d'une puissance normale de 5 000 ch effectifs tournant à une vitesse de 1 500 t : min, construite pour une pression initiale de 12 kg : cm² et une température d'admission de 300° centigrades. Les détails de construction ainsi que les organes principaux sont les mêmes que pour les groupes précédents.

Cette turbine possède, en outre, un dispositif de réglage par soupapes automatiques auxiliaires; une vanne

Digitized by Google

commandée à la main permet de fournir le supplément d'admission nécessaire pour les surcharges prévues.

Cette turbine est accouplée à un alternateur triphasé capable de donner une puissance effective en marche continue de 3 500 kw avec un $\cos\varphi = 0.8$, ce qui correspond à 4375 kv-A sous une tension de 5250 v avec une fréquence de 50 p : sec.

L'excitation est fournie par une génératrice en bout d'arbre. Le condenseur à surface utilise comme extracteur de gaz une trompe à eau à une seule tuyère à débit pratiquement invariable, bien qu'il soit possible, à la rigueur, de le faire varier soit par la vitesse de la pompe d'injection, soit par la variation d'ouverture de la vanne d'isolement. Cette pompe utilise une dérivation de la circulation d'eau de mer.

5° *Un groupe turbo-alternateur Escher-Wyss-Oerlikon de 5 000 kw.* — Ce groupe commandé en Suisse en octobre 1915 a été mis en service à la fin de l'année 1917.

La turbine à vapeur est du système Zoelly d'une puissance normale de 7 200 ch effectifs ; elle tourne à une vitesse de 3 000 t : min, ce qui a permis de réduire considérablement les dimensions d'encombrement de l'ensemble qui ne sont pas supérieures à celle du groupe de 3 500 kw ; elle fonctionne sous la même pression initiale de 12 kg : cm² avec une température d'admission de 300°.

Cette turbine est constituée exclusivement par une série de roues à action travaillant dans des chambres séparées les unes des autres par des diaphragmes portant les aubages distributeurs et les garnitures obturatrices en anneaux graphitiques.

Le réglage de la vitesse est assuré au moyen de : un régulateur à force centrifuge commandé par engrenage à vis tangente, une soupape de régulation avec servomoteur à huile et trou départageur d'huile à rattrapage mécanique ; un dispositif de fermeture instantané, automatique ou mû à la main ; un dispositif de réglage de vitesse commandé à la main ou électriquement ; une soupape de surcharge.

Cette turbine actionne un alternateur triphasé Oerlikon capable de donner une puissance effective en marche continue de 5 000 kw avec un $\cos\varphi = 0{,}8$, soit 6 250 kv-A sous une tension normale de 5 000 v et maximum de 5 250 v, la vitesse de rotation étant de 3 000 t : min et la fréquence de 50 p : sec. Une génératrice en bout d'arbre fournit le courant d'excitation sous une tension de 110 v.

Le condenseur Escher-Wyss présente une disposition analogue à celui du précédent groupe de 3 500 kw, mais avec une trompe à eau à plusieurs tuyères à débit réglable simultanément par une commande commune.

Tous ces groupes peuvent, d'après contrat, supporter une surcharge de 25 pour 100 pendant une demi-heure. En fait ils ont supporté des surcharges importantes pendant des durées beaucoup plus longues.

La salle des marchines comprenait primitivement trois groupes convertisseurs transformant le courant alternatif triphasé 5 000 v, 50 p : sec en courant continu 460/490 v :

Deux groupes du type Alioth composés chacun de : 1 moteur synchrone triphasé 750 ch, 10 pôles, 600 t : min, accouplé directement à une génératrice à courant continu hypercompound 500 kw, avec excitatrice en bout d'arbre et moteur asynchrone de démarrage et un groupe type Électromécanique composé d'un moteur synchrone de 1 500 ch et d'une génératrice à courant continu de 1000 kw, présentant les mêmes caractéristiques que les deux précédents.

Deux de ces groupes sont encore à l'usine, le troisième de 500 kw a été transporté récemment dans une des sous-stations du chantier de Penhoët. Il en sera de même prochainement des autres groupes.

Le courant ainsi transformé est destiné au chantier de Penhoët ainsi qu'au service d'appareils de levage ou de manutention mécanique des Compagnies charbonnières ou des entreprises de déchargement de navires et de quelques clients voisins de l'usine.

La salle des machines comprend en outre un groupe survolteur composé d'un moteur asynchrone avec induit à résistances tournantes et d'une génératrice à courant continu à tension variable pour la charge d'une petite batterie de 100 A-h assurant le service des relais et commandes à distance des appareils du tableau ainsi qu'un éclairage de secours.

Les services intérieurs de l'usine sont alimentés par deux transformateurs triphasés 5000/200 v (dont un de réserve) de 217 kv-A.

Les garanties de consommation de vapeur des groupes génératrices que nous venons d'annoncer sont résumées dans le tableau suivant, la vapeur étant fournie à 300° à une pression ne dépassant pas 15 kg : cm² et le facteur de puissance étant égal à l'unité.

TABLEAU III. — *Centrale de St-Nazaire*

Consommation de vapeur en kg par kw-h pour cos φ = 1.					
Pour les fractions suivantes de la pleine charge :	5/4	4/4	3/4	2/4	1/5
Turbo-dynamo de 1 000 kw.....	7,89	7,46	7,69	8,87	
Turbo-alternateur de 1 000 kw.....	7,9	7,4	7,75	8,75	
Id. 2 000 kw.....	7,3	6,9	7,1	8	
Id. 3 500 kw.....		6,75		7,75	
Id. 5 000 kw.....		5,57	5,83	6,30	7,50
		Rendement en centièmes.			
Convertisseur 500 kw.....		86,4		80	
— Id. 1 000 kw.....		88,3		83,7	

Digitized by Google

Les graphiques de charge de l'usine sont d'ailleurs très particuliers comme aspect, tout au moins pendant les années de guerre où ils ne présentent que des paliers droits, la consommation des principaux clients tels que

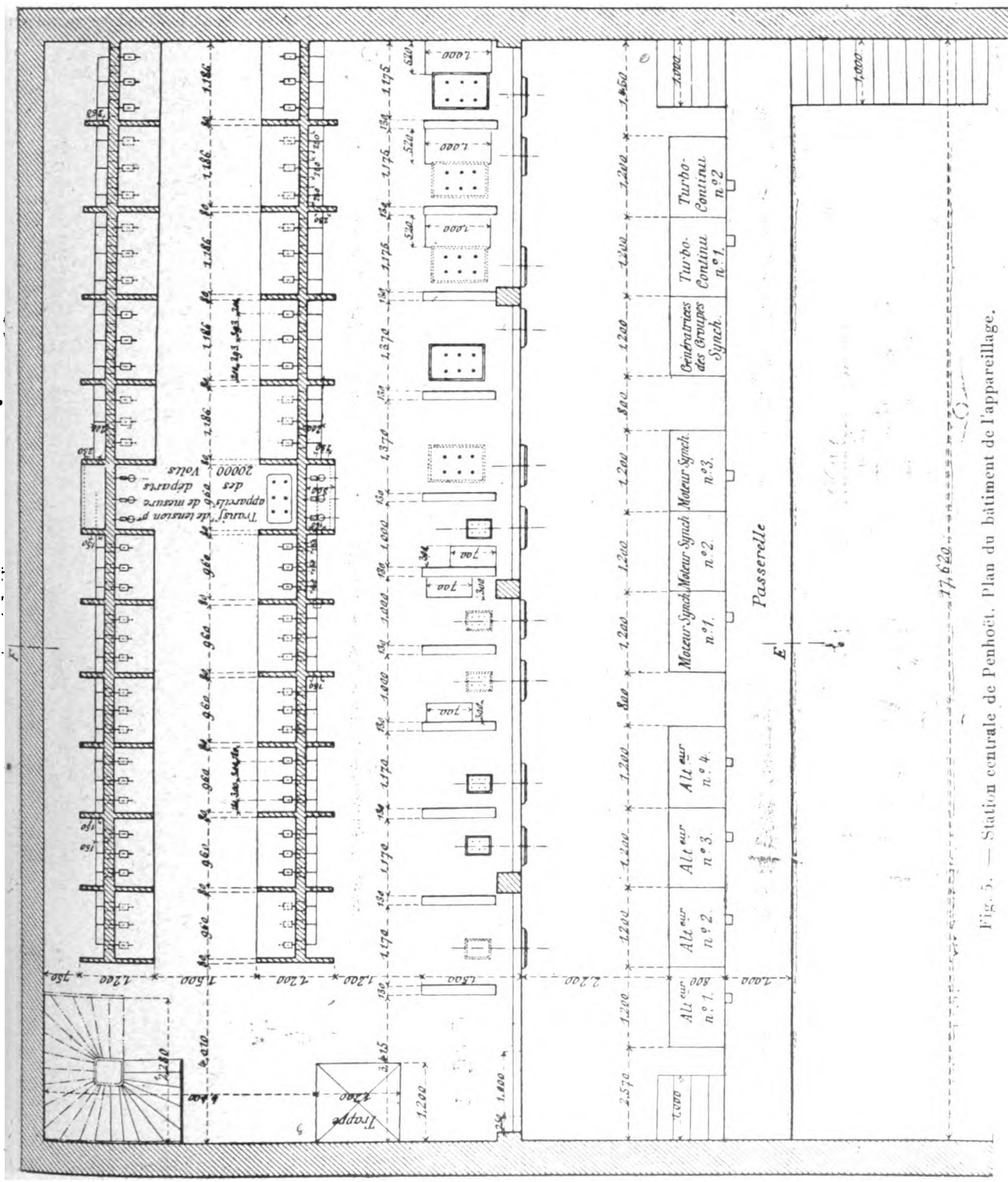


Fig. 5. — Station centrale de Penhoët. Plan du bâtiment de l'appareillage.

les chantiers étant presque constante et les pointes d'éclairage venant compenser d'une façon presque complète la diminution instantanée de la consommation des clients de force motrice.

Digitized by Google

Ajoutons enfin qu'un nouveau groupe turbo-alternateur de 5 000 kw va être incessamment commandé et que, dans le programme de fonctionnement normal, les deux groupes de 5 000 devront assurer ainsi la fourniture moyenne de 10 000 kw de l'usine avec comme rechange l'ensemble du groupe 2 000 kw et du groupe 3 500 kw.

Les autres groupes plus anciens sont destinés à disparaître progressivement.

La figure 3 donne le plan d'ensemble et la figure 4 une vue extérieure de la Centrale de Penhoët.

Générateurs de vapeur. — La vapeur est fournie aux turbines à la pression de 15 kg : cm² par une batterie de seize chaudières Belleville type n° 9 capables de produire chacune 4 500 kg de vapeur à l'heure, munies chacune d'un surchauffeur de vapeur placé directement au-dessus du faisceau tubulaire vaporisateur et établi pour porter la température de la vapeur à 325° environ avec dispositif spécial permettant de faire varier le degré de surchauffe, et d'un économiseur réchauffeur d'eau d'alimentation placé à la partie supérieure de l'appareil.

Les foyers automatiques sont du type Under-

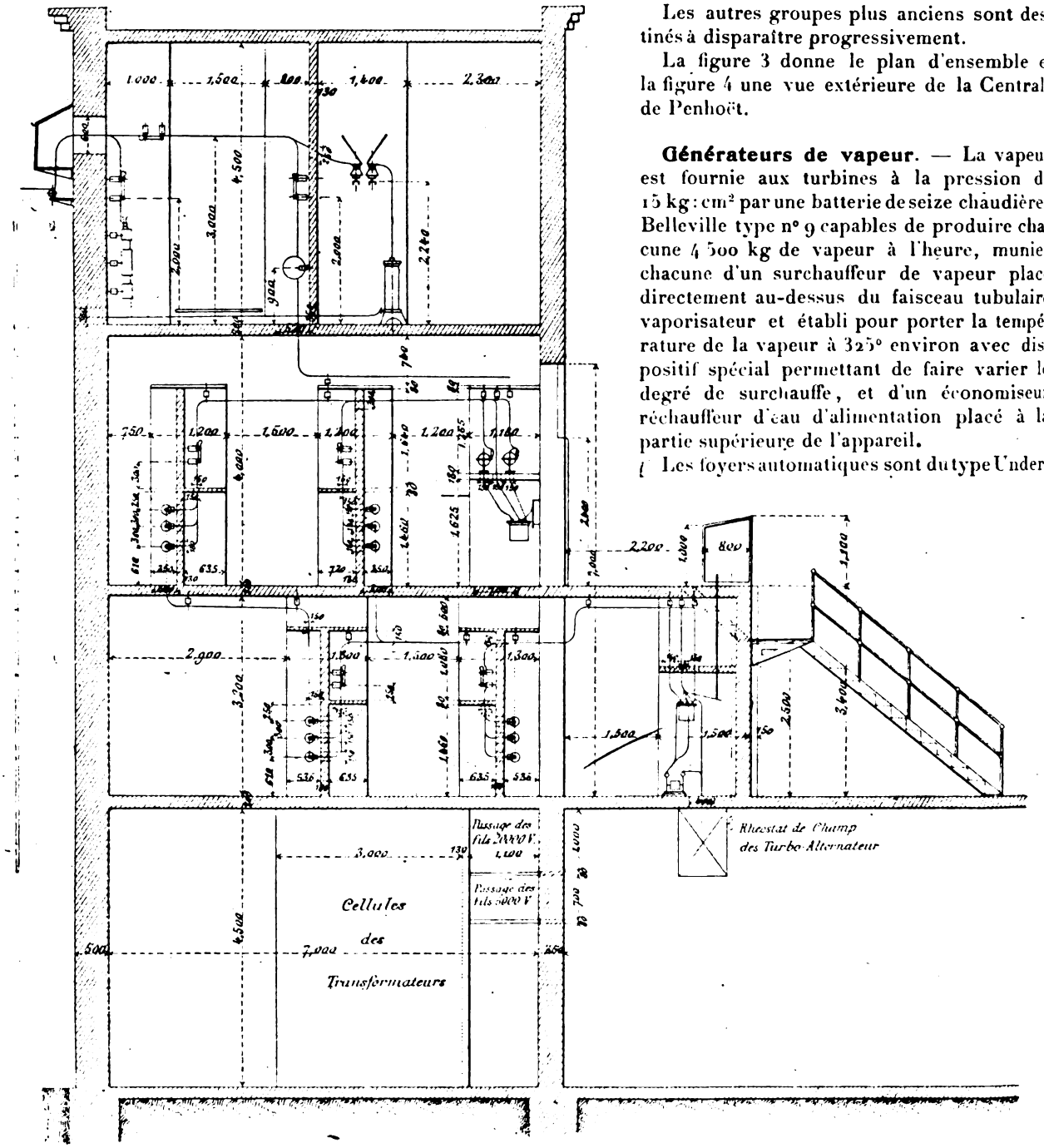


Fig. 6. — Station centrale de Penhoët. Coupe transversale du bâtiment de l'appareillage.

feed Stoker à chargement par en dessous, ils fonctionnent à tirage forcé avec soufflage d'air sous la grille. La manutention du charbon est assurée au moyen d'un transporteur monorail à benne piocheuse automatique d'une capacité de 700 kg; le charbon pris dans le parc par le transporteur est versé dans les silos placés en face de chaque générateur d'où il descend par gravité dans les trémies de chargement en passant dans des

Digitized by Google

goulottes mobiles munies de bascules automatiques.

La salle des pompes renferme trois turbo-pompes multicellulaires Sulzer et un cheval alimentaire Belleville ; deux de ces pompes sont commandées par moteur électrique, le troisième par une petite turbine à vapeur.

L'eau nécessaire pour compenser les pertes est fournie par le service des eaux de la ville de Saint-Nazaire.

Appareillage. — L'appareillage correspondant à chacun des groupes ci-dessus a été fourni et monté par les fournisseurs de ces groupes : il est disposé sur un tableau général de distribution occupant le fond de la salle des machines (voir fig. 5 et 6) ; sur ce tableau sont réunis les pupitres de commande des alternateurs, des moteurs synchrones et dynamos, ainsi que les panneaux de départ des lignes de distribution.

Sans entrer dans le détail de tous les appareils constituant ces panneaux, indiquons simplement que le pupitre correspondant à chacun des alternateurs des groupes générateurs comporte (fig. 7) :

Un interrupteur automatique à maximum avec relais à action différée et réenclanchement empêché ;

Six couteaux de sectionnement ;

Deux ampèremètres sur les canalisations principales ;

Un voltmètre ;

Un wattmètre à lecture directe pour phases non équilibrées ;

Un compteur totalisateur pour phases non équilibrées ;

Un rhéostat de champ et un rhéostat d'excitatrice suffisants pour le réglage de la tension principale ;

Un ampèremètre pour le courant d'excitation ;

Un interrupteur bipolaire à talon pour l'excitation avec résistance de décharge ;

Une fiche de couplage ;

Deux lampes témoins ;

Les transformateurs de mesure nécessaires aux appareils.

Le tableau général comprend aussi un panneau de synchronisation des turbo-alternateurs avec un

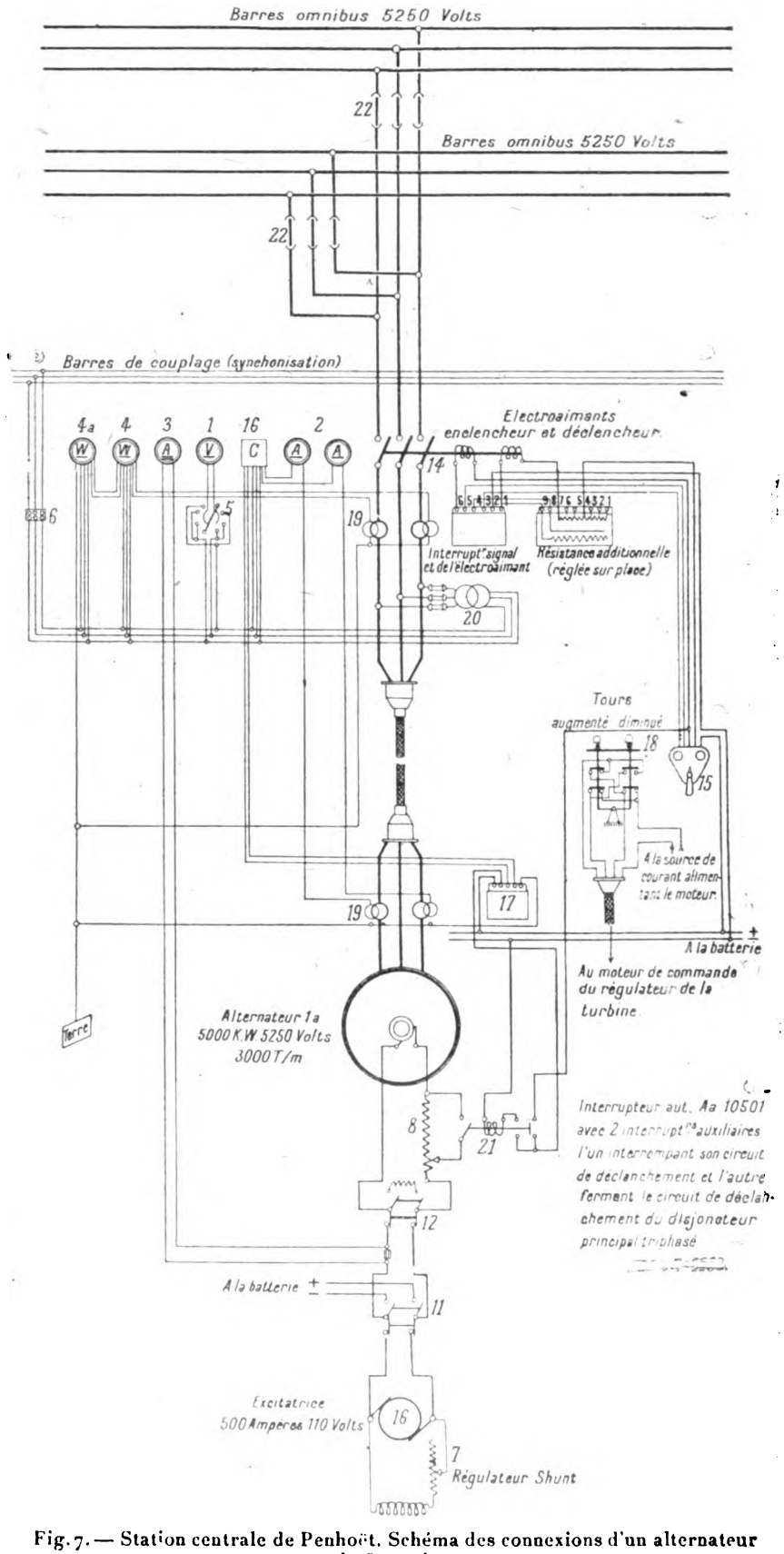


Fig. 7. — Station centrale de Penhoët. Schéma des connexions d'un alternateur de 5 000 kw.

Digitized by Google

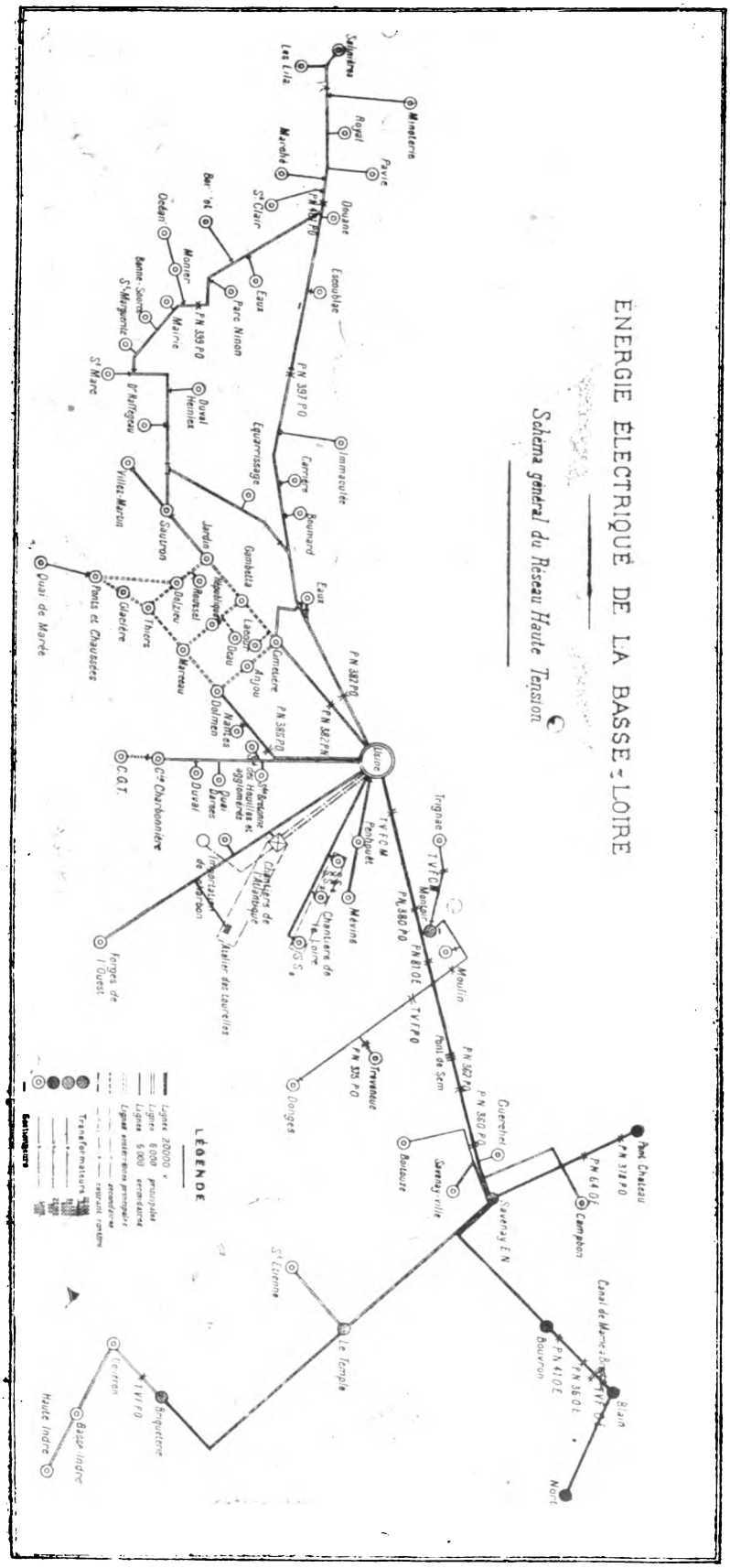


Fig. 8. — Plan schématique du réseau de distribution générale.

synchronoscope Alioth, un commutateur à trois directions prévu pour la mise en parallèle des turbo-alternateurs et des groupes convertisseurs, et un voltmètre lumineux grand modèle avec commutateur à trois directions.

Enfin les panneaux de départ correspondant aux différentes lignes que nous allons énumérer plus loin sont constitués comme suit :

Pour chaque départ de ligne à 5000 ou 20000 v :

Six couteaux de sectionnement ;

Un interrupteur automatique avec relais à action différée ;

Un ampèremètre ;

Un compteur.

Chaque départ 5000 v est protégé par :

Trois bobines de self-induction ;

Un parafoudre tripolaire à rouleaux avec couteaux de sectionnement ;

Trois parafoudres unipolaires à cornes avec résistances liquides.

Tout l'appareillage haute tension est renfermé dans un bâtiment à étages, adjacent au tableau général de distribution, divisé en cellules ainsi que le montre la figure 5.

LIGNES DE DÉPART DE L'USINE

Au départ de la centrale de Penhoët, nous rencontrons les lignes suivantes de départ qui sont représentées schématiquement sur la figure 8.

a) *Lignes à 5000 v aériennes.* — Un départ pour l'alimentation de Saint-Nazaire dit du Dolmen ;

Un départ pour l'alimentation de Saint-Nazaire dit du Cimetière ;

Un départ pour l'alimentation des chantiers de *charbonnage* des quais Ouest ;

Un départ pour l'alimentation des chantiers de constructions et divers des quais Est.

b) *Lignes à 5000 v souterraines.* — Deux départs pour l'alimentation des chantiers de la Loire.

On a vu que les groupes générateurs produisaient directement le courant alternatif 5000 v,

Digitized by Google

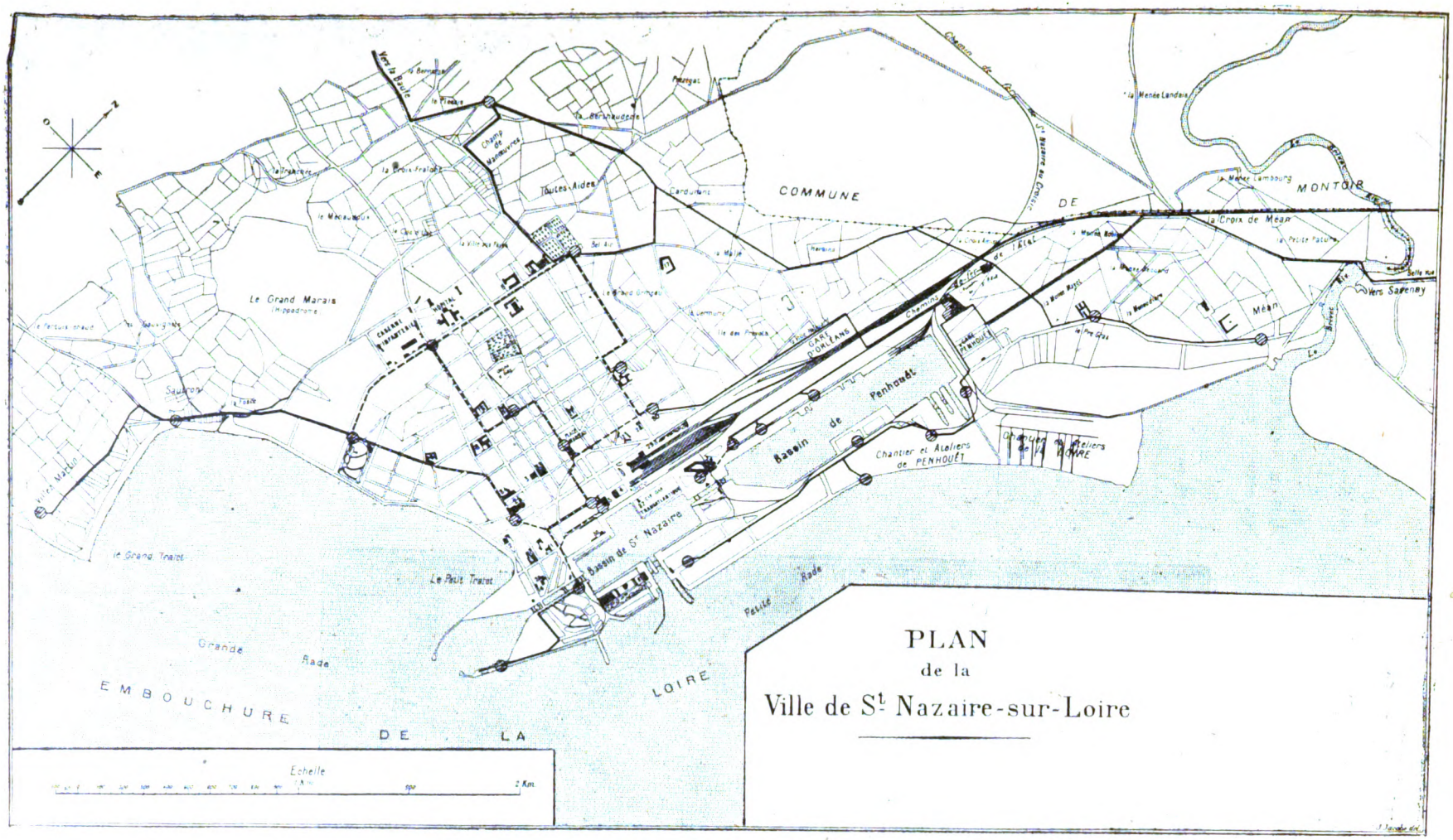


Fig. 9. — Plan de Saint-Nazaire et du réseau urbain.

1, Hôtel de Ville.
2, Sous-Préfecture.
3, Palais de Justice.
4. Postes et Télégraphes.
5, Chambre de Commerce.
6, Bibliothèque-Musée.
7, Caisse d'épargne.
8, Collège.
9, Ecole pratique d'Industrie.
10, 11, 12, 13, Ecoles communales de garçons.
14, 15, 16, Ecoles communales de filles.
17, 18, 19, Groupes scolaires.
20, 21, 22, Ecoles maternelles.
23, Caserne de Gendarmerie.
24, Caserne des Douanes.
25, 26, 27, Eglises.
28, Temple protestant.
29, Gare de la Roche-Bernard.
30, Bureaux des Douanes.
31, Bureaux des Ponts et Chaussées.
32, Agence de la Compagnie générale Transatlantique.
33, Marché couvert.
34, Prison.
35, Château d'eau.
36, Dolmen.

Digitized by Google

50 p : sec, destiné à l'alimentation de ces feeders du réseau de Saint-Nazaire.

c) *Lignes à 20000 v aériennes.* — Deux départs à 20000 v alimentant deux centres de distribution régionale, le secteur de la Baule à l'est et le secteur de Savenay à l'ouest de Saint-Nazaire.

A cet effet, le courant produit par les groupes turbo-

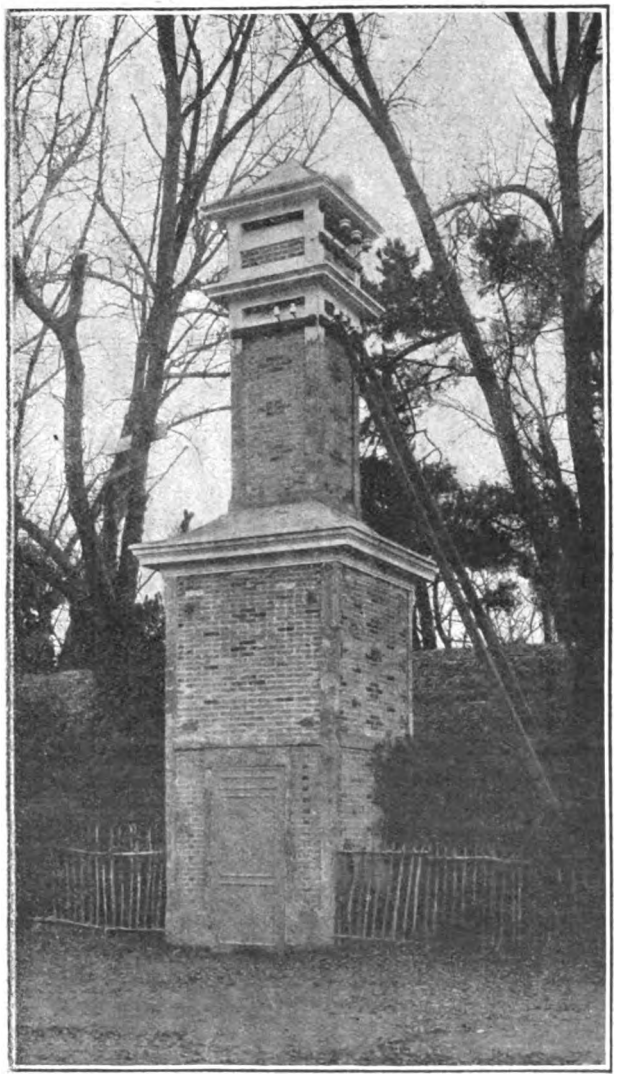


Fig. 10. — Poste de transformateur du réseau de Saint-Nazaire.

alternateurs à la tension directe de 5000 v est transformé en 20000 v par l'intermédiaire de trois transformateurs monophasés à 5000-20000 v, de chacun 1000 kv-a montés en triangle-triangle et permettant une marche de secours avec deux transformateurs fonctionnant en V en cas d'avarie à l'un d'eux.

Ce groupe de transformateurs alimente les barres principales à 20000 v par l'intermédiaire d'un disjoncteur à relais à maximum temporisé.

C'est de ces barres à 20000 v que partent les lignes de la Baule et de Savenay à 20000 v par l'intermédiaire de disjoncteurs.

d) *Lignes souterraines à courant continu.* — Indépendamment des départs en alternatif, le tableau de distribution comprend encore les lignes de départ suivantes en courant continu 440 v :

Un départ d'alimentation des chantiers de Penhoët;

Un départ d'alimentation des fonderies de Saint-Nazaire;

Un départ d'alimentation du quai de déchargement des usines métallurgiques de la Basse-Loire à Trignac.

Les lignes de distribution principales à 20000 v, ainsi que celles de transport aérien à 5000 v, sont équipées sur poteaux en ciment armé du type Hercule avec ferrures en fer plat triangulaires genre Cornez.

La longueur totale des lignes haute tension atteint 225 km environ et la longueur des lignes basse tension 125 km environ.

RÉSEAU DE SAINT-NAZAIRE

La plus grande partie de l'énergie produite par la centrale de Penhoët est distribuée (fig. 9) à Saint-Nazaire dans le voisinage immédiat de l'usine. Nous allons passer en revue les principales installations desservies que nous classerons en trois catégories : alimentation des quais et du port de commerce ; lignes particulières des chantiers de constructions navales ; enfin, réseau de distribution urbain proprement dit.

a) **Alimentation des quais et du port de commerce.** — Les lignes desservant les quais sont au nombre de deux à la tension de 5000 v ; elles sont équipées sur poteaux en ciment armé ou pylônes métalliques. De ces lignes partent un grand nombre de dérivations aboutissant aux postes de transformation établis à proximité de chacune des installations importantes.

Citons en premier lieu les installations faites pour le service des Ponts et Chaussées du port de Saint-Nazaire sous la haute direction de M. l'ingénieur en chef Tartrat, dont les travaux sur la question sont bien connus de nos lecteurs.

Celles-ci ont porté d'abord sur cinq cabestans Hillairet-Huguet qui vont s'accroître de douze autres.

En second lieu, deux grues électriques de 6 t sur portiques, provenant d'Angleterre et actuellement en montage, doivent être alimentées par caniveau.

Enfin une troisième partie des installations en voie de réalisation concerne l'éclairage électrique des quais au moyen de foyers dont les uns seront allumés chaque nuit pour l'éclairage général des quais et les autres ne seront éclairés qu'à la demande des intéressés pour faciliter les manutentions de nuit.

Des élévateurs à grains, commandés par moteurs électriques, doivent servir au déchargement des navires; quelques moto-rampes électriques pour la mise des sacs en tas sont en service.

Le vaste programme d'électrification étudié par le

Digitized by Google

service des Ponts et Chaussées prévoit aussi l'adjonction d'un groupe électrique de 450 kw à l'usine

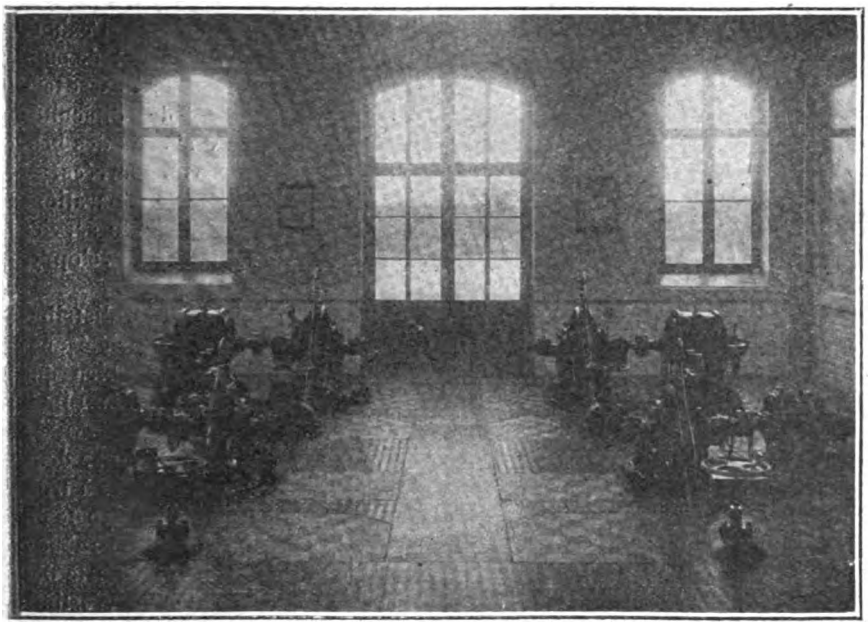


Fig. 11. — Station élévatoire des eaux. Vue intérieure de la salle des pompes.

élévatoire de relèvement du plan d'eau des bassins à l'installation à vapeur existant actuellement.

Les autres engins commandés aussi électriquement, qui se rencontrent sur le port, appartiennent à des entreprises privées ; parmi ceux-ci, deux grues de 5 t alimentées en continu 460 v servent au déchargement des charbons et minerais destinés aux Forges de Trignac ; deux grues de 5 t, également desservies en continu 460 v, appartiennent à la Société d'importation des charbons ; une grue de 5 t a été installée par M. Duval, importateur ; enfin une grue à portique de 5 t sert aux charbonnages de la Compagnie générale Transatlantique.

Une installation privée, particulièrement intéressante, est celle des transporteurs électriques de l'une des plus importantes sociétés d'importation de charbon, la Compagnie charbonnière de l'Ouest, pour le transport des combustibles déchargés sur les quais jusque dans ses chantiers et à ses usines de fabrication de briquettes et de boulets agglomérés.

Nous allons donner une description détaillée de l'un des postes de transformation établis rationnellement de façon à permettre une extension progressive de la puissance du poste proportionnellement aux accroissements du nombre des appareils de manutention desservis.

Poste transformateur de la Chambre de commerce au quai des Darses. — Ce poste a été équipé pour une puissance totale de 1 000 kv-a ; il est divisé en deux compartiments indépendants dont l'un, accessible au personnel de la Chambre de commerce, renferme tous les appareils de mesure et de manœuvre de grues, des cabestans et de l'éclairage. L'autre compartiment réservé à l'appareillage haute tension n'est accessible qu'au personnel du secteur.

Ces deux compartiments sont séparés par une cloison constituée par le tableau de distribution principal qui se trouve de ce fait abordable des deux côtés. Ce tableau comprend trois départs basse tension de chacun 600 a commandés par interrupteurs tripolaires à rupture brusque et contrôlés par des ampèremètres.

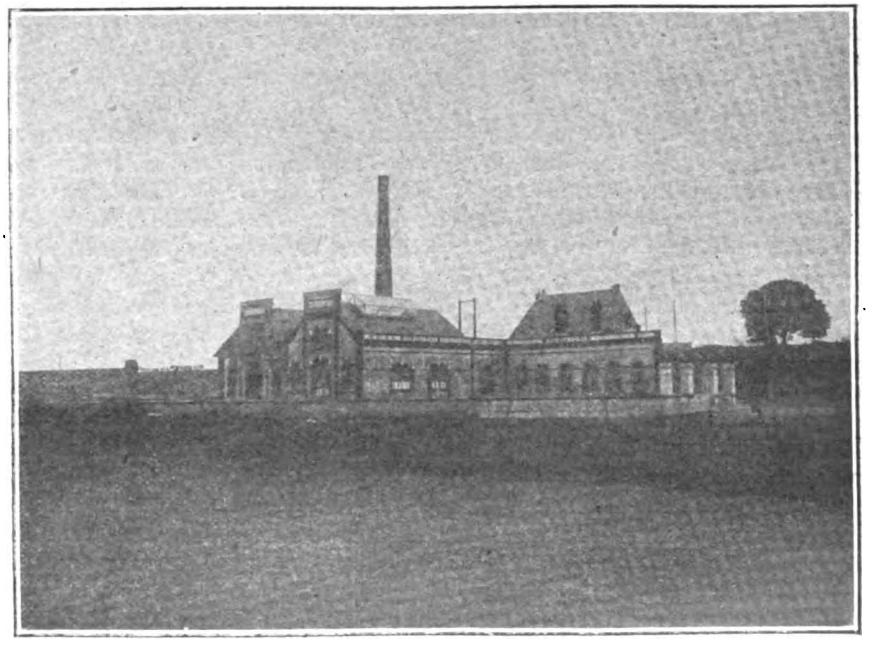


Fig. 12. — Station élévatoire des eaux. Vue extérieure.

L'interrupteur à huile principal complété par un dispositif de déclanchement à maximum avec relais tempo-

Digitized by Google

risé est commandé également de ce tableau. Enfin il comprend aussi deux compteurs montés en série pour mesurer l'énergie consommée et un ampèremètre et un voltmètre de contrôle du circuit haute tension. Le circuit haute tension comprend trois jeux de barres dont deux servent à l'alimentation des transformateurs nécessaires au fonctionnement des grues électriques et dont le troisième est destiné à alimenter des tranformateurs indépendants des premiers pour le fonctionnement des cabestans électriques, de l'éclairage électrique du port et de tous autres usages.

Les transformateurs de chacun 150 kv-A, 5 000 200 v monophasés sont montés en triangle-triangle ; ce montage permettra d'augmenter progressivement la puissance utilisable totale du poste et le rendement pourra être maintenu à une valeur élevée quelles que soient les puissances nécessaires aux grues en fonctionnement, par le couplage des transformateurs monophasés.

b **Alimentation des chantiers de constructions navales.** — L'installation la plus importante est celle du *Chantier de Penhoët* de la Société anonyme des Chantiers et Ateliers de Saint-Nazaire-Penhoët.

Le chantier est alimenté sous deux formes :

1° Par courant triphasé haute tension, 5 000 v ;

2° Par courant continu, 460 v.

Le courant continu est amené de la centrale de Penhoët aux chantiers par dix câbles souterrains de 500 mm² chacun, armés sous plomb ; ils aboutissent à un tableau principal d'où partent sept circuits principaux desservant la partie nord du chantier : charpentage, grosse chaudronnerie, station d'incendie, électricité.

Dans le service de jour, la consommation est d'environ 1 500 kw ; le service de nuit atteint actuellement presque la même valeur et d'une façon presque continue.

Le tableau principal d'arrivée de courant est relié à la station centrale du chantier ; à cet endroit, fonctionnent continuellement deux compensatrices.

Cette station centrale répartit le courant dans toute la partie sud du chantier dont les principaux ateliers sont l'atelier des profilés, celui de l'ajustage, enfin les forges et fonderies.

La station centrale comporte des appareils de secours comprenant : une batterie de chaudières, une machine à allure lente « Crepelle » commandant deux dynamos de 180 kw chacune ; une turbine de la Compagnie Electro-Mécanique, accouplée à deux dynamos de 450 kw chacune ; enfin une machine Garnier à soupapes conduisant deux génératrices de 250 kw.

Le courant alternatif arrive au chantier sous la forme de courant triphasé, 5 000 v et 50 p : sec.

Il dessert :

a) Un convertisseur de 500 kw placé dans la partie nord du chantier ;

b) Un compresseur d'air « Ingersoll Raud » mû par un moteur synchrone de 400 ch à démarrage par auto-transformateur.

c) Une batterie de quatre pompes alimentées par quatre moteurs de 150 ch Oerlikon à 5 000 v.

Dans la suite l'Énergie électrique de la Basse-Loire doit installer aux chantiers les deux autres convertisseurs, l'un de 500 kw, l'autre de 1 000 kw actuellement dans la salle des machines de la centrale de Penhoët ainsi que l'on a vu plus haut ; ceci dans le but de supprimer complètement les circuits souterrains à basse tension 460 v continus qui ont donné lieu à des difficultés du fait des modifications réalisées aux abords des bassins et de la construction de nouvelles voies ferrées.

Le chantier possède en outre un atelier de réparations et un laboratoire d'essais auquel l'ingénieur du service électrique, M. Lavallée, a donné un grand développement.

Installation des chantiers de la Loire. — La distribution d'électricité dans les chantiers de la Société anonyme des Ateliers et Chantiers de la Loire, bien que moins importante que la précédente, est cependant intéressante.

L'alimentation est faite en courant triphasé par deux lignes souterraines en parallèle qui aboutissent à trois postes principaux de commutation : le premier poste dit de la Mâture renferme deux commutatrices de 125 kw et un moteur de 75 kw ; le second poste, dit poste des commutatrices, renferme une commutatrice Westinghouse de 125 kw et deux commutatrices Westinghouse de 300 kw chacune. Une troisième ligne d'alimentation aérienne venant de l'usine directement à ce poste est en prévision. Enfin un troisième poste alimenté par les mêmes lignes que les deux précédents, et qui se trouve à l'atelier des turbines, renferme trois commutatrices de 125 kw chacune.

Signalons enfin que la soudure électrique a été appliquée sur une large échelle dans ces chantiers à la soudure des ailettes de bombes.

Fonderie de Saint-Nazaire. — Un troisième client important alimenté en courant continu et en courant triphasé est mitoyen de la centrale : ce sont les Fonderies de Saint-Nazaire dont l'installation toute récente et très moderne comporte de nombreux appareils de levage et de manutention entièrement électriques.

Les fonderies de Saint-Nazaire exécutent pour le compte des Chantiers de Penhoët principalement des pièces de fonte de toutes dimensions.

c) **Alimentation du réseau de Saint-Nazaire.** — Le réseau primaire en 5 000 v de la ville de Saint-Nazaire est souterrain ; il est alimenté par deux lignes aériennes en deux points différents. Ce réseau est bouclé et présente plusieurs mailles permettant toutes les combinaisons possibles. Les canalisations aboutissent dans les postes transformateurs (voir fig. 10) à des barres de coupure sur lesquelles sont prises les dérivations alimentant les divers transformateurs d'éclairage et de force motrice.

Le poste type de transformateurs comprend une seule cellule commune à l'appareillage haute et basse tension ; les départs secondaires sont aériens et alimentent un réseau de distribution à 200/115 v dont les canalisations

Digitized by Google

sont toutes disposées sur consoles en façade des maisons.

Ce réseau alimente en outre de l'éclairage plusieurs industries importantes telles que les glacières de Saint-Nazaire qui consomment 200 kw environ en temps normal de pêche.

De l'un des postes, dit du Cimetière, part une ligne aérienne desservant le *service municipal des eaux* de la ville de Saint-Nazaire.

L'usine élévatoire du Plessis alimente la ville en eau douce. L'une des lacunes de Saint-Nazaire était, il y a quelques années, le manque d'eau douce indispensable à l'hygiène des habitants de la ville et aux

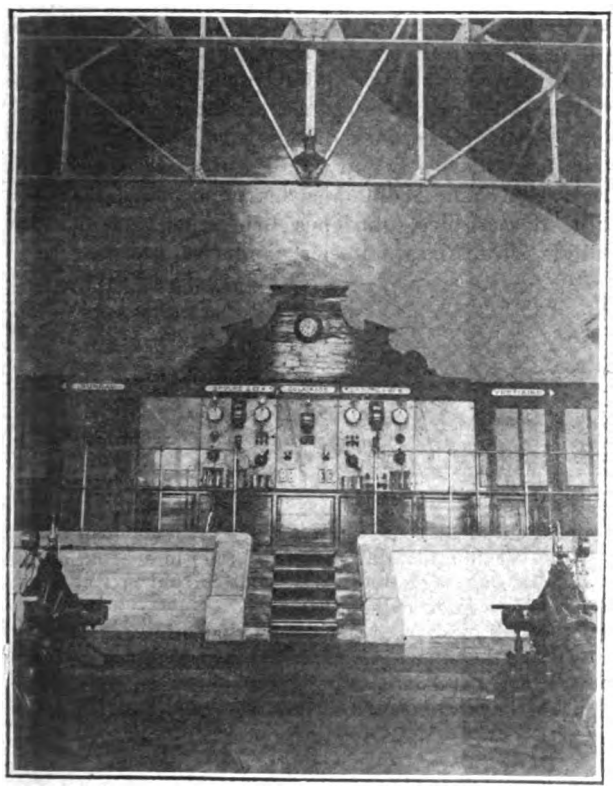


Fig. 13. — Station élévatoire : tableau.

industries locales. Ce manque d'eau a, entre parenthèses, beaucoup aidé à la diffusion de la force motrice électrique par suite de la difficulté que rencontreraient des industries à alimenter des chaudières en eau douce.

La municipalité de Saint-Nazaire, pour remédier à cet état de choses, a fait établir une installation complète d'alimentation d'eau douce comprenant des bassins d'alimentation, de décantation et de filtrage, une usine élévatoire au Plessis, complétée par un château d'eau et un important réseau de distribution. Les figures 11 et 12 donnent une vue intérieure et une vue extérieure de la station élévatoire d'eau du Plessis.

La nouvelle salle des pompes électriques de l'usine élévatoire a été installée en 1913. Les machines à vapeur anciennes très usagées ne répondaient plus aux besoins de la ville et du port.

La station comprend un poste de transformation d'une puissance de 200 kw qui réduit à la tension de 200 v le courant amené par deux lignes aériennes à 5 000 v dont l'une sert de secours.

La salle des pompes renferme :

1° Deux groupes de pompes centrifuges du système Rateau accouplées directement avec leur moteur électrique de 65 kw. Chacun de ces groupes débite 360 m³ à l'heure sous une hauteur manométrique de 45 m et refoule l'eau filtrée au château d'eau pour être ensuite distribuée en ville.

2° Deux autres groupes de 15 kw refoulent l'eau brute sur l'installation filtrante à raison de 180 m³ à l'heure.

L'installation marche presque sans arrêt jour et nuit depuis 1913.

La salle des machines est prévue pour recevoir, dans un avenir assez rapproché, deux autres groupes débitant 360 m³ à l'heure et un troisième débitant 180 m³.

Un tableau général de manœuvre comporte en outre des appareils de démarrage et de contrôle des groupes, deux panneaux de comptage de l'énergie consommée (fig. 13).

Le service municipal des eaux est complété par une distribution d'eau de mer pour l'arrosage des rues : un groupe moto-pompe de 65 kw, analogue aux précédents, installé à l'usine du quai Chevreau, sert au pompage de l'eau de mer.

RÉSEAU DE DISTRIBUTION RÉGIONALE

Les lignes de distribution à 20 000 v desservent deux groupes principaux de communes voisines de Saint-Nazaire, le centre de la Baule et celui de Savenay.

Ligne de la Baule. — La ligne à 20 000 v reliant la Baule à l'usine est constituée par trois conducteurs de chacun 50/10 de mm de diamètre, disposés en triangle équilatéral dont l'un des sommets est située suivant l'axe des supports en ciment.

Jusqu'à présent cette ligne a été exploitée à 5 000 v, elle est d'ailleurs établie de telle sorte qu'une ligne de distribution secondaire à 5 000 v puisse être placée sur les mêmes supports, pour l'alimentation d'un certain nombre de transformateurs particuliers alimentant soit des installations de force motrice, soit des installations d'éclairage de petites agglomérations.

La ligne 20 000 v aboutit à la Baule à un poste principal de transformation et de coupure d'où émanent un certain nombre de lignes de distribution secondaire à 5 000 v, et en particulier :

Un départ sur Pornichet, Sainte-Marguerite, et ultérieurement bouclage par Saint-Marc ;

Un départ sur la Minoterie du Pouliguen-Le Pouliguen-Guérande ;

Un départ sur le réseau local de la Baule, comprenant lui-même un certain nombre de dérivations secondaires d'alimentation des postes transformateurs de distribution.

Digitized by Google

Cette ligne alimente plus particulièrement une clientèle de passage dans les stations balnéaires de cette partie de la côte comprise entre Saint-Nazaire et le Croisic, ainsi qu'une importante minoterie dite « Minoterie du Pouliguen ».

Ligne de Savenay. — Cette ligne à 20 000 v est constituée par trois câbles de 50 mm² de section, disposés en triangle dont deux sommets sont d'un côté du poteau, l'autre du côté opposé.

Cette ligne dessert Montoir-de-Bretagne où un poste de coupure et de transformation sert de départ à un réseau de distribution secondaire à 5 000 v qui alimente les agglomérations de Montoir, Trignac, Donges et ultérieurement Saint-Joachim et un certain nombre de petites agglomérations.

Elle aboutit à Savenay à un poste principal de coupure et de transformation.

Poste de Savenay. — Le poste de Savenay comprend :

1° Un départ de la ligne à 20 000 v alimentant Bouvron, Blain, Nort-sur-Erdre, et ultérieurement Nozay ;

2° Un départ de la ligne à 20 000 v alimentant Le Temple-de-Bretagne, Saint-Etienne-de-Montluc, Coueron et Indre ;

3° Un départ de la ligne à 20 000 v alimentant Pont-Château et ultérieurement la ligne de Redon qui n'est pas complètement achevée. Cette ligne de Redon sera alimentée ultérieurement par une ligne directe depuis Saint-Nazaire suivant le tracé indiqué.

Le poste de transformation comprend deux transformateurs 20 000/5 000 v, de 150 kv-A et l'appareillage correspondant.

Les lignes de départ ci-dessus indiquées sont protégées par des disjoncteurs automatiques à maximum de courant.

Ce même poste sert de départ aux lignes de distribution secondaires suivantes, à 5 000 v.

1° Un départ à 5 000 v sur Savenay-Ville ;

2° Un départ à 5 000 v sur Campbon et ultérieurement La Chapelle-Launay et Prinquiau.

En dehors de l'éclairage public et privé des principales agglomérations de cette région, cette ligne dessert plusieurs importantes usines diverses, en particulier, deux grandes minoteries à Bouvron et à Nort-sur-Erdre, les carrières de chaux et dolomies des usines métallurgiques de la Basse-Loire, plusieurs briqueteries, usines de produits réfractaires, laiteries, tanneries, etc.

Jacques DE SOUCY,
Ingénieur-Conseil.

Revues, analyses et informations

L'histoire des transformateurs (1).

L'auteur a divisé cette étude en huit chapitres, qui correspondent aux différentes étapes de l'évolution qui a conduit à la construction des transformateurs modernes. Ces différents chapitres sont répartis de la façon suivante :

1° Développement des appareils à induction (1831-1856) ;

2° Premières applications des transformateurs à l'éclairage, distribution de la lumière électrique (1862-1869) ;

3° Transport à grande distance par des transformateurs connectés en série (1882-1884) ;

4° Transformateurs à intensité constante (1888-1890) ;

5° Etudes théoriques (1883-1895) ;

6° Développement de la construction des transformateurs de 1888 à 1891) ;

7° Développement actuel de cette construction.

CHAPITRE I. — Dans ce premier chapitre, l'auteur rappelle d'abord les travaux de Faraday qui découvrit l'induction électromagnétique et qui, dans une communication faite en 1832 à la Royal Society de Londres, déclarait que les phénomènes électromagnétiques étaient réversibles. A la même époque, Joseph Henry, professeur d'académie en Albany (N. Y.) montrait que, si sur le noyau d'un gros électro-aimant, on dispose un bobinage isolé du bobinage d'excitation, un courant naît dans le premier bobinage, lorsqu'on lance ou qu'on coupe le courant dans le bobinage d'excitation et lorsque l'armature est attirée ou retombe. La première amélioration au système de Henry est due au professeur Page de Washington qui réalisa en 1835 le schéma de la figure 1. Le bobinage, dont les extrémités sont en 1 et 5, est muni de prises intermédiaires 2, 3, 4.

Page reliait les bornes 1 et 2 à une batterie et constatait que la déviation d'un galvanomètre lors de l'ouverture de l'interrupteur est d'autant plus grande que les bornes entre lesquelles le galvanomètre est branché sont plus éloignées

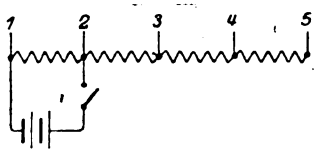


Fig. 1.

l'une de l'autre. Le pasteur anglais Callan faisait à la même époque des constatations identiques, enfin un nouveau progrès fut réalisé la même année par le professeur G.-H. Buchholtner, qui remplaça le noyau de fer massif employé jusqu'alors par un faisceau de tiges de fer. En 1851, Rühmkorff parvenait à perfectionner considérablement son appareil d'induction à étincelles. Il faut toutefois remarquer que tous ces dispositifs, bien que munis de noyaux en fer, travaillaient tous avec circuits magnétiques ouverts et pourtant Faraday et Henry avaient déjà utilisé le circuit magnétique fermé.

Le premier appareil à circuit magnétique fermé fut décrit par Varley en l'année 1856 (Brevet anglais 3059/1856). Le

(1) L. SCHÜLER. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 5, 12, 19, 26, avril 1917, t. XXXVII, p. 185, 201, 213 et 281.

Digitized by Google

noyau était constitué par un faisceau de tiges de fer, dont on repliait les extrémités en dehors de la bobine ; de plus, le bobinage était constitué par plusieurs bobines plates, disposées de manière que chaque bobine secondaire se trouve entre deux bobines primaires. C'est ce que nous appelons le bobinage à bobines alternées. Ce transformateur était destiné à la télégraphie.

Chapitre 2 (1862-1869). — Au début de 1860, on s'efforça d'alimenter les appareils d'induction par du courant alternatif en supprimant les trembleurs. L'impulsion dans ce sens fut donnée par le développement des générateurs à courant alternatif, parmi lesquels il faut citer ceux de la Société française « Alliance ». Le premier essai de ce genre date de l'année 1862 avec le brevet anglais n° 1516 de Moris, Weare et Monkton. La base de ce brevet est tout à fait remarquable. Les inventeurs en effet se proposaient d'effectuer un éclairage avec tubes à vide et de les alimenter par des machines électromagnétiques, la haute tension nécessaire étant produite par l'interposition de bobines d'induction. La première solution pratique de distribution de lumière électrique fut donnée par Jablochkoff avec ses bougies électriques, une grosse amélioration à ce système fut apporté par l'inventeur en 1877 (Brevet anglais n° 1996). Il intercalait en série dans le circuit principal les enroulements primaires d'un certain nombre de bobines d'induction. Le secondaire de chacune de ces bobines alimentait une bougie électrique ou un petit nombre de ces bougies en série. A l'exposition universelle de Paris en 1889, on vit une installation de 90 bougies Jablochkoff alimentées par groupes de 6 par un transformateur. Les différents transformateurs étaient alors montés en série du côté primaire. D'autres inventeurs eurent à la même époque la même idée que Jablochkoff, ainsi que le montrent les brevets anglais de 1878, n° 4 112, de C.-T. Bright, n° 4611, de Edwards et Normandy, n° 5183, de I.-B. Fuller (New-York) et n° 5183, de Meritens. Tous ces brevets n'ont eu aucune application pratique. En 1879, la distribution de la lumière électrique fit un grand progrès avec l'apparition des lampes à arc différentielles, des lampes à incandescence, et du système de distribution en parallèle, d'après les principes d'Edison. On peut dire que l'année 1879 est l'anniversaire de la naissance des applications électrotechniques au sens actuel du mot.

Chapitre 3 (1882-1884). — Cette époque est caractérisée principalement par les installations faites d'après le brevet anglais n° 4362 de Gaulard et Gibbs (1882). Comme précédemment, les primaires des bobines d'induction étaient connectés en série, les secondaires alimentaient chacun un certain nombre de groupes de lampes montés en parallèle. Pour régler la tension secondaire lors de l'allumage ou de l'extinction de plusieurs de ces lampes (ce qui était obligatoire par suite du montage en série des bobinages primaires ; comme tous les systèmes série, il fonctionnait en effet à intensité constante), on pouvait sortir plus ou moins les noyaux de l'intérieur des bobines, c'est-à-dire que, pour les faibles puissances, on augmentait artificiellement le courant magnétisant pour maintenir l'intensité du champ à sa valeur normale.

Naturellement, cette manœuvre ne se faisait pas automatiquement, mais à la main, ce qui occasionnait des variations considérables dans l'intensité lumineuse des appareils. Quoi qu'il en soit, plusieurs installations de ce type furent réalisées ; la première en 1883 à l'exposition d'électricité au Wesminster Aquarium de Londres, une deuxième pour l'éclairage de quatre gares du métropolitain de Londres. La longueur de la canalisation primaire était de 23 km, la tension primaire comportait 1 500 v. Le primaire de chaque bobine d'induction absorbait 300 v, le rapport de transformation était 3 à 1. Intensité primaire 10 a, puissance totale 15 kv-a. En 1884, on installa à l'exposition de Turin une canalisation de 40 km de longueur ; puissance primaire 20 kw, tension primaire 2 000 v. Il y avait 3 stations secondaires en série. Pour régler la tension, au lieu de sortir le noyau, on faisait varier la position d'un cylindre de cuivre entourant le noyau. En 1885, on construisit à Tours une centrale de 250 ch, comprenant deux machines Siemens à courant alternatif de chacune 80 kv-a. Deux circuits de 2 km étaient alimentés sous 1 200 v, chaque circuit comprenait cinq sous-stations de chacune 350 lampes.

Tension secondaire 50 v ; rapport de transformation des transformateurs 240/50. A la station de Tivoli, près de Rome, on installa en août 1886, deux turbines hydrauliques de chacune 50 ch, actionnant deux machines à courant alternatif Siemens Brothers (Londres). La tension était de 2 500 v ; le circuit avait une longueur de 30 km, alimentant 320 lampes à incandescence et 6 lampes à arc pour l'éclairage des rues

En 1885 également, on installa en Allemagne, à la mine de potasse Aschersleben, un circuit d'éclairage de 11 km en partie souterrain ; la puissance utilisée était de 200 ch.

Chapitre 4. — Les premiers inventeurs qui paraissent avoir eu l'idée d'utiliser les bobines d'induction pour transformer une haute tension en une basse tension sont Deprez et Carpentier (Paris). Ils prirent le brevet anglais n° 4 128 en 1881 dont le principe était : le transport d'une grande quantité d'énergie à grande distance avec de faibles pertes. Dans ce but, le courant basse tension serait d'abord transformé en courant haute tension par une bobine d'induction, puis à la station d'arrivée ramené par une autre bobine à une basse tension. Malheureusement, les inventeurs se bornèrent à des travaux de laboratoire. En 1883, l'Anglais Rankin Kennedy critiqua dans l' « Electrical Review » le système Gaulard et Gibbs et arrivait à la conclusion suivante : « En utilisant le montage en parallèle des bobines d'induction, on éviterait les inconvénients signalés dans le système critiqué, mais quelles dimensions prendrait alors la canalisation primaire. » Il n'avait pas envisagé la possibilité d'élever d'abord la tension et de l'abaisser ensuite.

En 1883 également, Wilhelm Siemens, dans une conférence faite à l'Elektrotechnischen Verein, préconisait l'emploi du montage en parallèle avec élévation de la tension et abaissement par une sorte d'appareil d'induction fonctionnant automatiquement.

La Société Ganz et Cie reprit avec plus de succès les idées de Gaulard et de Gibbs, modifiées d'après les idées de Zipernowsky, Deri et Blathy.

Le premier brevet de Deri (D. R. P., n° 33 951) date du 18 février 1885. Il préconise, non plus le montage en série des primaires des bobines d'induction, comme auparavant, mais le montage en dérivation de ces bobines sur la canalisation principale à haute tension, aux bornes de laquelle on maintient une différence de potentiel aussi constante que possible. Les lampes sur les circuits secondaires étaient également montées en dérivation. Gaulard et Gibbs attaquèrent ce brevet et parvinrent à faire annuler la première partie, ne laissant subsister que la seconde qui correspondait à la disposition en dérivation des lampes sur les circuits secondaires et à l'alimentation de différents circuits de lampe avec des tensions différentes. Pendant ce temps, la Société Ganz et Cie faisaient de rapides et importants

Digitized by Google

progrès dans la fabrication des transformateurs, grâce surtout à Blathy.

Le brevet D. R. P., n° 40 414 pris le 6 mars 1885 par Deri, Blathy et Zipernowsky se rapporte à la construction d'un transformateur à circuit magnétique fermé sans aucun joint magnétique. Le noyau était constitué par un fil de fer enroulé sous une forme circulaire. Sur ce noyau étaient disposées les bobines suivant une sorte d'anneau Gramme. Un autre type de transformateur était le suivant : les bobines formaient l'anneau intérieur; autour de cet anneau, on enroulait du fil de fer pour former le noyau magnétique. La Société Oerlikon doit être également comptée parmi les premiers constructeurs européens de transformateurs. En 1889, elle livra les machines et les transformateurs de la Société d'électricité Reichenhall. La première grosse usine d'électricité installée en Allemagne en courant alternatif haute tension avec transformateurs statiques fut celle de la ville de Cologne (1890), construite par la Société Helios, qui avait obtenu la licence en Allemagne des procédés Ganz et Cie.

Les caractéristiques des générateurs de courant alternatif étaient : puissance 450 kw, 51 p:sec, nombre de tours 85, tension 2 500 v. Le rapport de transformation des transformateurs était 2 000/2 × 36, correspondant à la tension des lampes à arc. Les puissances des transformateurs variaient de 1,25 à 25 kw, les pertes à vide étaient de 3,3 pour 100 pour les plus petits modèles et de 1,2 pour 100 pour les plus gros, la chute de tension pour débit sur circuit non inductif s'élevait à 2 pour 100 pour tous les types. A partir de 1884, de nombreux techniciens et un grand nombre de maisons de constructions électriques s'appliquèrent à la construction des transformateurs. En Angleterre, Ferranti installa en 1886 la centrale de « Grossvenor-Gallery », à Londres. Elle était constituée par deux générateurs de courant alternatif d'environ chacun 400 kw (système Ferranti) et fonctionnait sous 2 400 v. Chaque abonné possédait son transformateur qui donnait au secondaire une tension de 100 v. Dans les principales rues de Londres, les canalisations haute tension étaient souterraines. Il faut encore citer à cette époque en Angleterre les travaux de Lourie-Hall, Mordey, Kennedy, Snell et Kapp.

En Amérique, la Société Westinghouse avait entrepris, en 1885, l'exploitation des brevets de Gaulard et Gibbs et plus tard ceux de Deri, Blathy et Zipernowsky. Grâce aux efforts de William Stadley, de cette Société, apparut en 1886 un transformateur du type cuirassé, décrit dans le brevet américain n° 342 555 et qui diffère à peine des types construits aujourd'hui; à la fin de cette même année, la Westinghouse entreprit la construction des transformateurs sur poteaux. Une concurrence ardente s'établit entre le système Westinghouse et le système à courant continu Edison, exploité par la General Electric Company.

La Westinghouse avait rapidement industrialisé la construction de ses transformateurs; elle exécutait cinq modèles capables d'alimenter respectivement 5, 10, 20, 30 et 40 lampes. Si, dans une maison, on voulait employer plus de 40 lampes, il fallait utiliser plusieurs transformateurs avec des circuits secondaires séparés. Le rapport de transformation était toujours de 1 000 50 v. Toutes les pièces étaient semblables et interchangeables. Des essais effectués par le professeur Forbes sur un modèle capable d'alimenter 30 lampes (environ 1,5 kw), il résulte que le rendement à demi-charge atteignait 95 pour 100.

Chapitre 5. *Transformateur à courant constant.* — En Amérique, étant données les grandes distances sur lesquelles se répartissait l'éclairage dans les villes, on fut rapidement amené à ne plus envisager un transformateur par lampe à arc et à brancher directement en série un certain nombre de lampes. Cette disposition fut rendue possible grâce au transformateur à intensité constante imaginé en 1888 par Elihu Thomson. Dans ce transformateur, les bobines primaires et secondaires sont séparées par un circuit de dispersion. Lorsque le courant secondaire augmente, une grande partie des lignes de force passe dans le circuit de dispersion, ce qui produit une forte chute de tension secondaire. Grâce au principe de la répulsion également trouvé par lui, Elihu Thomson parvint à constituer un transformateur tel que le courant secondaire était automatiquement maintenu constant, quel que fut le nombre des lampes en fonctionnement dans la série. Un grand nombre d'installations d'éclairage ont été exécutées en Amérique en se basant sur ce principe.

Chapitre 6. — *Etudes théoriques* (1883 à 1895). — En 1883, lors des premières applications du système Gaulard et Gibbs, on connaissait déjà les travaux d'Hopkinson sur le calcul des circuits magnétiques, on ignorait, par contre, que, pour les appareils à courant alternatif, le nombre des lignes de force est presque indépendant de la résistance magnétique et ne dépend que du nombre des spires, de la tension et de la fréquence.

Les travaux de Gisbert Kapp, en avril 1887, firent faire un grand progrès à la question, en introduisant le diagramme vectoriel classique de Kapp, ainsi que la formule fondamentale.

$E = 2\pi n F \times 10^{-8}$ où $\pi =$ la fréquence, $n =$ le nombre de spires, $F =$ le flux magnétique; il montra en outre que la perte ohmique dans l'enroulement primaire peut être en général négligée dans le calcul de l'intensité du champ et comment on peut utiliser cette formule pour déterminer le courant magnétisant. En 1888, il définit les deux types de transformateurs à noyaux et cuirassés et montra les avantages et les inconvénients des deux systèmes. Enfin il établit une table donnant la dépendance des pertes à vide et de l induction. Il ne fit par contre aucune allusion à la dispersion et à la chute de tension inductive.

Les premiers essais de calcul des pertes à vide des transformateurs furent tentés en 1885 par la Société Ganz et Cie. Mais on ne songeait alors qu'à tenir compte des courants de Foucault et on fut très surpris de voir que les pertes réelles étaient trois fois plus grandes que les pertes calculées. Cette anomalie fut expliquée cette même année (1885) par Erving qui découvrit le phénomène de l'hystérésis. Jusqu'en 1891, la détermination des pertes dans le fer reposa sur les calculs de l'hystérésis donnés par Ewing; pour tenir compte des courants de Foucault, on ajoutait 25 à 70 pour 100 des pertes par hystérésis.

Les premières données sur la détermination des pertes réelles sur des éprouvettes de fer au moyen d'un wattmètre furent établies en 1892 par Dolivo-Dobrowolsky.

Chapitre 7. — A partir de l'année 1888 s'ouvrirent des polémiques actives entre les partisans du courant alternatif et les partisans du courant continu; l'auteur fait un historique de ces polémiques qui atteignirent, selon lui, leur apogée en 1889, au moment où la ville de Francfort-sur-le-Mein projeta d'installer une station centrale urbaine. La Société Siemens et Halske proposait une installation à courant continu, 5 fils; la Société Schuckert, une distribution à courant continu 3 fils avec puissante batterie d'accumulateurs; la Société Ganz et Cie une installation à courant

Digitized by Google

alternatif. La discussion se compliqua encore par suite de l'apparition du système à air comprimé Popp. On réunit une commission qui ne put se mettre d'accord ; les difficultés rencontrées pour fixer le choix de la ville de Francfort sur le courant à utiliser pour sa station centrale, contribuèrent beaucoup à la création d'une exposition universelle à Francfort en 1891 où tous les systèmes connus furent appelés à faire valoir leurs avantages. C'est à cette exposition qu'apparut le système triphasé de Dolivo-Dobrowolsky. Ce système supprimait les inconvénients présentés par le système monophasé, les moteurs triphasés pouvant démarrer sans difficulté. En même temps que le système triphasé apparurent les transformateurs à isolement dans l'huile de C.-E.-L. Brown. A la suite de l'exposition de Francfort, l'installation de démonstration de Lauffen fut utilisée pour l'alimentation de la centrale électrique de Heilbronn qui fut la première station centrale à courant triphasé. Le transport de force était fait sous 5 000 v ; à l'entrée de la ville, cette tension était abaissée à 1 500 v et distribuée aux différentes sous-stations par un réseau primaire de câbles. La tension secondaire du réseau etait de 100 v. Malgré le bon fonctionnement de cette installation, la ville de Francfort choisit pour sa centrale du courant monophasé. On se faisait un monde de la prétendue complication du système triphasé et des difficultés rencontrées dans l'établissement des canalisations à trois conducteurs. On comptait beaucoup, d'autre part, sur une rapide amélioration du moteur monophasé, et cette conviction avait été fortifiée par plusieurs communications de C.-E.-L. Brown.

Chapitre 8. — Après l'exposition de Francfort, un grand nombre de sociétés se mirent à fabriquer des machines et des transformateurs monophasés et triphasés. Une des premières grandes stations centrales triphasées installées en Allemagne fut celle de Taunus à Soden ; construite en 1893 par la Société Siemens et Halske, elle alimentait sept localités sous une tension primaire de 5 000 v.

Dans les premières années de ce siècle, la construction des transformateurs fit un très grand progrès par suite de l'apparition des alliages de tôles. En Angleterre, trois hommes se mirent à l'étude approfondie de ces alliages : Barrett, professeur au Collège royal des sciences d'Irlande, son assistant Brown et le directeur des aciéries Hécla, Hadfield. Ils firent des essais sur plus de 100 alliages et constatèrent que la présence du silicium et de l'aluminium dans les tôles diminuait considérablement les pertes par hystérésis et courants de Foucault. Le progrès était considérable si l'on envisage que les pertes correspondant à 1 kg de tôles ordinaires de 0,3 mm d'épaisseur sous l'induction 10 000 gauss et la fréquence 50 p : s correspondaient au facteur 3, alors que, avec des alliages de tôles, ce chiffre était ramené à 1,8. On pouvait donc, par l'emploi de ces alliages, non seulement diminuer les pertes à vide des transformateurs, mais encore augmenter l'induction dans le fer, ce qui permettait d'améliorer considérablement l'utilisation des matières premières.

Conclusion. — Après l'apparition du système triphasé, les principales améliorations apportées dans la construction des transformateurs ont été :

L'emploi des alliages de tôles (tôles au silicium) ;

Les perfectionnements dans les systèmes de refroidissement ;

L'emploi d'isolants toujours plus efficaces ;

Une connaissance plus approfondie de la valeur diélectrique des différentes huiles.

On a eu ainsi la possibilité de construire des transformateurs pour des tensions de plus en plus élevées et pour des puissances de plus en plus grandes. On a ainsi réalisé des transports d'énergie à grande distance de plus en plus économiques. On peut dire que, dans la lutte entre le courant continu et le courant alternatif, le transformateur a complètement triomphé de l'accumulateur, comme organe essentiel de distribution de l'énergie électrique ; mais il n'a pas recueilli tout seul les fruits de sa victoire, car le développement extraordinaire des stations électriques triphasées a donné, par contre-coup, un essor considérable aux installations à courant continu, avec ou sans accumulateurs, dans les réseaux secondaires. E. P.

Courbes de chute de tension pour les lignes aériennes en fil de cuivre (1).

Les courbes de la figure 1 ont été tracées pour permettre de trouver rapidement la chute dans une ligne triphasée aérienne fonctionnant avec un courant d'une fréquence de 40 p : sec. En examinant un grand nombre d'autres cas, l'auteur s'est assuré que ces courbes, tracées pour une ligne à 3 000 v de 2 miles de longueur, avec des conducteurs placés symétriquement et chargés à 1 000 A par inch carré, pouvaient être utilisées pour d'autres longueurs et d'autres densités sans qu'il en résulte une erreur sensible, inférieure en tout cas, à celle faite par la lecture sur le diagramme. La chute de tension pour une densité différente de 1 000 A par inch carré est obtenue par simple proportion.

Les courbes sont absolument correctes pour une ligne à 3 000 v de 2 miles de longueur ou pour une ligne à 11 000 v de $2 \times 11\,000 : 3\,000 = 7{,}3$ miles de longueur ou une ligne de $2 \times 20\,000 : 3\,000 = 13{,}3$ miles de longueur ou encore pour une ligne de $2 \times 440 : 3\,000 = 0{,}3$ mile de longueur, chargées à 1 000 A par inch carré ; ou pour le double de longueur avec une densité de seulement 500 A par inch carré.

Pour les calculs d'inductance, l'auteur a utilisé la formule de A. Hay qui donne, pour une ligne monophasée de 1 mile de longueur, en henrys $1{,}48 \times 10^{-4} \log_{10}(d : r)$. La capacité a été considérée comme négligeable pour les tensions usuelles. Les courbes mettent en lumière le fait que, bien que les petits conducteurs donnent une plus grande inductance que les plus gros, le rapport de la réactance à la résistance est plus petit pour les premiers que pour les seconds et que, en conséquence, la chute de tension est moindre, pour une même densité, pour des charges inductives avec déphasage en arrière.

Pour permettre l'utilisation des courbes pour d'autres cas que celui auquel elles se rapportent, il est nécessaire de tenir compte des observations suivantes : si la ligne considérée a ses conducteurs disposés dans un seul plan, il est nécessaire de prendre un point 7 pour 100 plus haut sur la ligne $\frac{\text{réactance}}{\text{résistance}}$. Si la ligne est monophasée, il est nécessaire d'ajouter 15 pour 100 à la chute de tension lue sur les courbes. Si la fréquence est différente de 40, il faut prendre un autre point de la ligne de réactance : résistance, correspondant à la lecture originale multipliée par $\frac{\text{nouvelle fréquence}}{40}$.

Si la ligne a des conducteurs d'aluminium, la lecture originale doit être multipliée par 0,6 et la chute de tension doit être multipliée par 1,66.

L'auteur examine ensuite des lignes dont les conducteurs

(1) G.-N. Wright, *Engineering*, 9 novembre 1917, t. civ, p. 491, 1 000 mots, 2 fig.

Digitized by Google

sont disposés de différentes manières. Pour déterminer le courant de court-circuit d'une ligne triphasée (c'est-à-dire le courant qui circulerait en cas de court-circuit, si la tension au départ était maintenue constante), l'auteur pose : a = valeur de $\frac{\text{réactance}}{\text{résistance}}$ de la ligne à lire sur les courbes ; b = la longueur de la ligne en miles ; c = la section de chacun des conducteurs en inches carrés ; d = la tension constante au départ ; le courant de court-circuit serait alors

$$I = \frac{d \times c \times 40}{b \times \sqrt{(1 + a^2)\,3}}.$$

Pour obtenir le courant de court-circuit d'une ligne [illegible]

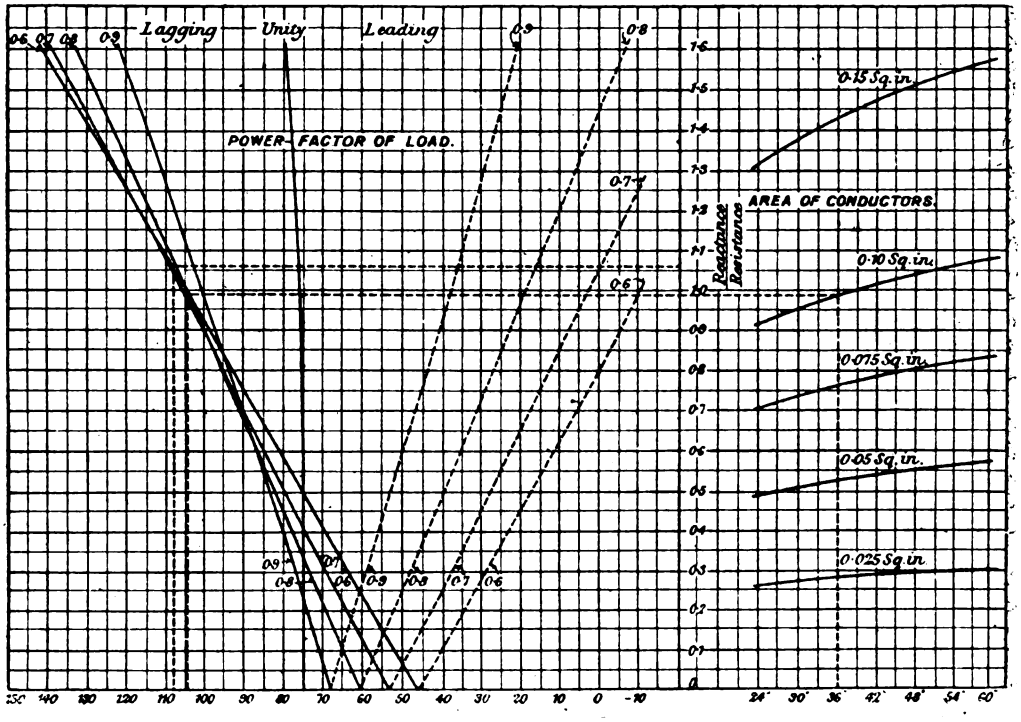


Fig. 1. — Chute de tension vraie entre phases en volts par mile pour une densité de courant de 1 000 ampères par pouce carré.

Lagging, retard ; Leading, avance ; Power factor of load, facteur de puissance ; Area of conductors (sq. in), section des conducteurs en pouces carrés. Inch, pouce = 2,54 cm ; mile = 1 609 m.

phasée, ou si seulement deux conducteurs d'une ligne triphasée sont court-circuités, la même formule peut être utilisée, mais il faut réduire le résultat obtenu de 13 pour 100. Les points où les lignes donnant le facteur de puissance de la charge coupent la ligne pour laquelle on a $\frac{\text{réactance}}{\text{résistance}} = 0$ donnent approximativement la chute de tension dans un câble à trois conducteurs chargés à 1 000 A par inch carré ; les autres valeurs pour des longueurs ou densités différentes sont obtenues par simple proportion. Les résultats donnés par les courbes sont d'autant plus corrects que la tension est plus basse et la densité plus grande.

E. B.

L'industrie des produits azotés de 1912 à 1916 [1].

La fabrication des produits azotés est actuellement à l'ordre du jour tant en Amérique qu'en Europe à cause de circonstances créées par la guerre. C'est pourquoi l'auteur a passé en revue les différentes industries susceptibles de fabriquer ces produits et qu'il nous a paru utile de résumer son travail. Ce travail est divisé en cinq parties qui traitent successivement les points suivants : procédés de fabrication de l'acide azotique et de l'ammoniac ; la production mondiale des nitrates et des composés ammoniacaux ; la consommation de ces corps ; la récupération des produits azotés dans les distillations de combustible, enfin les renseignements généraux et références concernant la question.

I. — Les procédés de fabrication des produits azotés se divisent en deux catégories principales : *a*) les procédés par oxydation ; *b*) les procédés par réduction.

Les procédés par oxydation comprennent : 1° les procédés de fabrication par l'arc électrique ; 2° le procédé Hausser ; ces procédés donnent des oxydes de l'azote qu'il faut absorber et transformer en acide azotique.

Les procédés par réduction comprennent :

1° Le procédé Haber ; 2° le procédé de fabrication de la cyanamide ; 3° le procédé de fabrication de l'ammoniac en partant de la cyanamide ; 4° le procédé Serpek ; ces procédés fournissent de l'ammoniac que l'on transforme en acide azotique par oxydation.

a) Procédés par oxydation. — 1° *Les procédés de fabrication par l'arc électrique.* — Summers, dans différents

(1) Helen R. Hosmer, *General Electric Review*, janvier, février et mars 1917, t. XX, p. 75, 156, 252.

Digitized by Google

articles parus en 1915 (1), a décrit les opérations effectuées dans les trois types industriels de fours pour la combinaison directe de l'oxygène et de l'azote de l'air : le four Birkeland-Eyde, le four Schönherr et le four Pauling.

Ces trois fours utilisent du courant alternatif à des tensions entre électrodes variant entre 3000 à 5500 v.

Le four Birkeland-Eyde utilise une série d'arcs demi-circulaires rapidement épanouis à l'aide d'un puissant aimant actionné par courant continu.

Les produits sont extraits à une température d'environ 1250° C et contiennent environ 2 pour 100 d'oxyde d'azote AzO. Les fours les plus récents sont construits pour des capacités de 3000 kw et permettent une production de 580 à 600 kg d'acide nitrique par kilowatt-an ou 65 à 70 g par kilowatt-heure.

Le four Schönherr utilise un arc fixe d'environ 7 m de long autour duquel l'air circule avec un mouvement giratoire. Les gaz sont refroidis par un refroidisseur à eau et sont extraits à une température d'environ 850° C. La concentration de l'oxyde d'azote est d'environ 2,25 pour 100. Les plus grands fours existants ont une capacité de 800 à 1000 kw et permettent de produire 550 à 575 kg d'acide nitrique par kilowatt-an, soit 65 g environ par kilowatt-heure.

Le four Pauling utilise une série d'arcs se succédant rapidement, poussés vers le haut par le courant d'air pénétrant dans l'appareil. Les arcs sont interrompus grâce à la forme des électrodes qui sont constituées par des cornes divergentes. Il se produit dans ces conditions un arc flamme de 0, 76 m de hauteur environ en contact intime avec l'air brassé rapidement. La proportion d'oxyde d'azote est d'environ 1,25 à 1,5 pour 100 ; dans les fours de 400 kw, la production d'acide nitrique est d'environ 525 à 540 kg par kilowatt-an, soit sensiblement 60 g par kilowatt-heure.

Les constantes de fonctionnement de ces différents fours sont généralement les suivantes :

Birkeland-Eyde : courant continu pour produire un champ magnétique de 4500 gauss ; courant alternatif, 5000 v, 50 p : sec, 600 à 3000 kw ;

Schönherr : courant alternatif, 4200 v, 50 p : sec, 600 à 1000 kw ;

Pauling : courant alternatif 4000 à 6000 v, 59 p : sec 400 kw.

L'auteur donne ensuite une assez longue bibliographie des travaux effectués et des articles parus sur la question.

2° *Le procédé Hausser*, dont une seule installation industrielle a été faite en Allemagne, consiste à mélanger sous pression dans une bombe calorimétrique des gaz de four à coke avec de l'air. L'explosion est produite par étincelles électriques. La concentration de l'oxyde d'azote est de 0,5 pour 100. La production maximum est de 99 g d'acide nitrique par mètre cube de gaz.

Absorption. — Le mélange contenant l'oxyde d'azote produit par tous ces procédés est d'abord refroidi, passe ensuite dans des tours où on laisse le temps nécessaire à la réaction suivante :

$$2\,Az\,O + 2\,O = 2\,AzO^2.$$

Le nouveau mélange est ensuite envoyé dans les tours d'absorption ou il réagit sur l'eau en donnant

$$2Az\,O^2 + H^2O = Az\,O^3\,H + AzO^2H.$$

L'acide nitreux est oxydé par l'oxygène en excès. On obtient ainsi de l'acide nitrique à une concentration de 30 à 50 pour 100. Le produit restant circule dans des tours contenant des solutions faiblement alcalines. Il se produit des nitrites et des nitrates. Environ 2 à 3 pour 100 de l'oxyde d'azote produit est rejeté en même temps que les gaz d'échappement.

b) Procédés par réduction. — 1° *Procédé Haber (ammoniac synthétique)*. — Ce procédé consiste dans la combinaison directe de l'azote et de l'hydrogène à la température d'environ 500° C, sous l'influence de l'uranium comme catalyseur. La combinaison se produit sous une pression de 200 atmosphères. Il se forme environ 8 pour 100 de gaz ammoniac. On le condense par refroidissement. Sa dépense d'énergie est d'environ 1,5 kw-h par kilogramme d'azote, mais la préparation de l'azote et de l'hydrogène, ainsi que la forte compression exigée, augmentent considérablement cette dépense.

L'auteur donne ensuite une nomenclature des articles et travaux récents parus sur la question (1).

2° *Procédé par la fabrication de la cyanamide*. — La fabrication de l'azote par ce procédé correspond généralement à la réaction

$$CaC^2 + Az^2 = Ca\,C\,Az^2 + C,$$

qui, non seulement n'est pas réversible, mais dont l'équilibre thermochimique n'a pas encore été complètement établi. Il consiste à faire agir directement l'azote sur le carbure de calcium réduit en poudre et porté à la température de 800° C environ. L'auteur donne ici encore une assez longue bibliographie des travaux parus sur la question (2).

La cyanamide calcique en présence de l'eau se décompose en ammoniac gaz et en carbonate de calcium, suivant la réaction

$$Ca\,C\,Az^2 + H^2\,O = Ca\,CO^3 + 2\,Az\,H^3.$$

Cette réaction est exothermique. Industriellement, cette réaction est obtenue dans des autoclaves. La chaux azotée est mélangée lentement à l'eau en agitant constamment ; pendant cette opération, on ventile l'autoclave pour éliminer l'acétylène produit par le carbure de calcium non converti, on ajoute de la soude et de la chaux, on ferme l'autoclave et on admet de la vapeur d'eau à la pression de trois à quatre atmosphères. Le mélange d'ammoniac et de vapeur peut ensuite être ou transformé directement en sulfate d'ammonium ou être envoyé dans des colonnes rectifieuses, d'où sort un gaz ammoniac suffisamment pur pour être oxydé directement sans risquer d' « empoisonner » des catalyseurs (3).

(1) *Transactions American Electrochemical Society*, 1915, t. XXVII, p. 339-383 ; *Proceedings American Institute of Electrical Engineers*, 1915, t. XXXIV, p. 337-381 ; *Metallurgical and Chemical Engineering*, 1915, t. XIII, p. 241.

(1) Notamment les articles suivants ; Haber, Tamaru, Ocholm, *Zeitschrift fur Elektrochemie*, 1915, t. XXI, p. 191-245 ; Haber ; Maschke, *Zeitschrift fur Elektrochemie*, 1915, t. XXI, 128-130, Haber, Tamaru, Ponnaz, *Zeitschrift fur Elektrochemie* 1915, t. XXI, p. 89-106 ; Landis, *Journal Industrial and Engineering Chemistry*, 1915, t. VII, p. 433-438 ; Landis, *Metallurgical and Chemical Engineering*, 1915, t. XIII, p. 213-218.

(2) Parmi ceux-ci, il cite ceux de : Washburn, *Engineering News*, 1915, t. XXIII, p. 16-21, qui donne la description des opérations, des appareils et des bâtiments de l'usine construite par *The American Cyanamide Company* ; Landis, *Metallurgical and Chemical Engineering*, 1915, t. XIII, p. 218-220.

(3) L'auteur indique comme travaux, intéressant particulièrement la question, les suivants : Franke, *Cyanamide Chemical Publishing C°*, Easton, Pa, 1913, 106 ; Landis. *Journal Industrial and Engineering Chemistry*, 1916, t. VIII, p. 156-160 ; Tucker, *Coal Trades Review* (L.), 23 mai 1913 ; Idem (L.), 1913, t. XI, p. 476.

Digitized by Google

3° *Procédé Serpek.* — Ce procédé consiste à faire agir l'azote à chaud sur un mélange de bauxite et de charbon. Le phénomène se produit d'après la réaction

$$Al^2O^3 + 3C + Az^2 = 2\,Al\,Az + 3\,CO.$$

La température nécessaire à cette réaction est comprise entre 1 800° et 1 900°; elle est obtenue industriellement dans des fours à résistance oscillants, qui permettent de produire facilement l'agitation nécessaire à la réaction. Le nitrure d'aluminium est ensuite facilement décomposable en alumine hydratée et en ammoniaque. On peut ainsi fixer 500 kg d'azote par kilowatt-an, tout en produisant deux tonnes d'alumine.

Oxydation de l'ammoniac (procédé Ostwald). — L'oxydation de l'ammoniac, produit par l'un ou l'autre des procédés précédents, a lieu suivant la réaction

$$Az\,H^3 + 4\,O = Az\,O^3H + H^2O,$$

en faisant passer le mélange gazeux ammoniac et oxygène sur du platine spongieux ou du platine ordinaire ou du platine noir comme catalyseur, à la température de 300° C, la vitesse d'écoulement variant de 1 à 2 m : sec.

La durée du contact entre le mélange gazeux et le catalyseur ne doit pas dépasser 0,01 seconde, sinon il se produit une décomposition en azote ou en eau (1).

II. — Dans cette partie de son étude, l'auteur examine la production mondiale des nitrates du Chili et du sulfate d'ammoniaque, comme sous-produit des usines à gaz et des fours à coke.

Il estime à 2 500 000 t la production des nitrates du Chili en 1916.

Pour le sulfate d'ammoniaque, la production mondiale a été évaluée par « American Coal Products Company » à 1 300 000-1 350 000 t en 1914 contre 1 409 000 en 1913.

Washburn estime que la production mondiale annuelle d'azote fixé par les procédés de fixation directe ne dépasse pas 32 000 t, tandis que, pour le procédé par la cyanamide, on atteint une production annuelle de 200 000 t.

L'auteur insiste particulièrement sur les efforts faits par les Allemands pendant la guerre pour développer la production des produits azotés par le procédé direct, par le procédé Haber (Badische) et par le procédé à la cyanamide.

III. — La consommation mondiale de sulfate d'ammoniaque atteignit 1 000 000 t environ en 1913, celle des nitrates du Chili atteignit 2 504 000 t en 1912.

L'auteur insiste principalement sur l'énorme effort qu'a fait l'Allemagne pour fertiliser son sol à l'aide des produits azotés et aux résultats surprenants auxquels elle est arrivée grâce aux engrais azotés. Pour fixer les idées, il indique que la consommation allemande en nitrates du Chili est passée de 155 000 t en 1885 à 747 000 t en 1913 : en sulfate d'ammoniaque la consommation est montée de 125 000 t en 1900 à 460 000 t en 1913. La production de blé à l'hectare a doublé en Allemagne pendant qu'elle augmentait de 1/10 seulement en France où on utilise comme engrais le quinzième seulement de la potasse utilisée en Allemagne et la moitié de nitrate de soude (par hectare).

IV. — L'auteur passe en revue les prix des différents engrais azotés, ainsi que les frais de fabrication des différents procédés ci-dessus énumérés. Nous n'insisterons pas sur ces points, nous nous contenterons de signaler que, d'après les travaux de Summers, l'énergie nécessaire à la fixation d'un kilogramme d'azote par les différents procédés s'établit comme suit :

Procédés d'oxydation directe, 65 kw-h.

Procédé à la cyanamide (non compris l'énergie nécessaire à la préparation de l'azote), 16,6 kw-h.

Procédé Serpek (non compris l'énergie provenant du charbon), 12 kw.

Procédé Haber (ammoniaque synthétique) (non compris l'énergie nécessaire à la préparation de l'azote et de l'hydrogène, ni à la compression et au refroidissement), 1,5 kw-h.

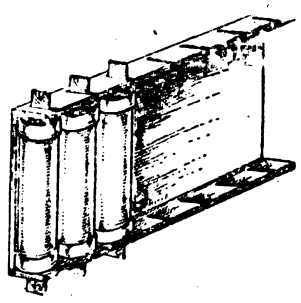
V. — L'auteur donne brièvement quelques indications sur la récupération des produits azotés dans les usines de distillation des combustibles, sous-produits des fours à coke, sous-produits des usines à gaz, sous-produits dans les usines de distillation des gaz de houille, sous-produits des usines de distillation de la tourbe. Il termine par une nomenclature des produits dérivés de la cyanamide et par une nomenclature des travaux les plus récents parus en Angleterre et en Amérique sur la comparaison des frais de production de l'énergie hydro-électrique et de l'énergie électrique produite par la vapeur en partant de combustibles solides ou de combustibles gazeux. Nous signalerons principalement à ce sujet les travaux de Scott et de Washburn.

E. P.

(1) L'auteur mentionne au sujet de ce procédé les travaux suivants : ZEISBERG, *Metallurgical and Chemical Engineering*, 1916, t. XV, p. 299-304; TUCKER, *Metallurgical and Chemical Engineering*, 1913, t. 11, p. 438-441; MENEGHINI, *Gazetta chimica italiana*, 1912, t. XLII p. 126-134; 1913, t. XLIII, p 81-90; SCHNUPHAUS, *Metall und Erz*, 1916, t. XII, p. 21-28; REINDERS et CATS, *Chemisch Weekblad*, 1912, t. IX, p. 47-58.

Notes pratiques

Râtelier pour fusibles de réserve (2). — Comme le montre la figure, l'appareil se compose d'une paire de barres de 2 cm d'épaisseur, échancrées tous les 5 cm, et fixées à une planche de 33 × 22 cm, vissée au mur en deux points. Les échancrures ont 4,5 cm de profondeur; elles peuvent recevoir sept fusibles de 150 A. On ne perd ainsi plus de temps à la



recherche de fusibles au moment où l'on en a besoin. — P. V.

(2) *Electrical World*, 23 juin 1917, t. LXIX, p. 1911, 50 mots, 1 fig.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

La loi du 21 janvier 1918 relative aux marchés et autres contrats commerciaux conclus avant la guerre

« Journal officiel » du 23 janvier 1918

Le « Journal officiel » du 23 janvier 1918 nous a apporté une loi depuis longtemps annoncée comme devant régler la situation respective de ceux qui, antérieurement au 1er août 1914, ont promis de faire ou se sont fait promettre des livraisons de marchandises, sans que ces livraisons aient été faites. Le charbon, qui a une si grande importance pour les usines qui produisent le courant électrique par des moyens thermiques, peut avoir sa place dans les annales des procès futurs; de plus, il ne faut pas confondre cette loi avec le texte encore en préparation sur les contrats communaux de travaux ou de services publics. Aussi, notre collaborateur, Paul Bougault précise la portée de la loi nouvelle.

I. — Lorsque la guerre a été déclarée, elle a trouvé existants en foule de très nombreux contrats (1) dûment signés, prêts à être exécutés, mais dont l'exécution s'est heurtée à des difficultés sans nombre. La première impression qui s'est manifestée dans le public, c'est que la guerre, si inattendue et si particulièrement cruelle pendant les premiers mois, rendait caduques toutes les conventions et créait un état de fait nouveau, absolument indépendant de tout ce qui l'avait précédé. N'oublions pas que le public est un très mauvais jurisconsulte et qu'il faut souvent, pour être dans le vrai, prendre le contrepied de ce qu'il dit, ou tout au moins ne pas se laisser aller aux formules extrêmes qu'il affectionne généralement.

Oui, la guerre est un cas de force majeure quand elle empêche d'une façon radicale et absolue le promettant d'exécuter matériellement les obligations qu'il a contractées. Et ce principe n'est pas né d'hier, puisqu'on le trouve écrit dans le code civil qui date de 1804, aux articles 1 147 et 1 148; d'après le premier de ces textes : « Le débiteur est condamné, s'il y a lieu, au paiement de dommages-intérêts, soit à raison de l'inexécution de l'obligation, soit à raison du retard dans l'exécution, toutes les fois qu'il ne justifie pas que l'exécution provient d'une cause étrangère qui ne peut lui être imputée; » c'est donc à celui qui a la charge de l'obligation (telle qu'une livraison) qu'il appartient de prouver l'empêchement auquel il s'est heurté; et, s'il fait cette preuve, l'article 1 148 nous dit quel sera le sort du contrat : « Il n'y a lieu à aucun dommage-intérêt, lorsque, par suite d'un cas de force majeure ou d'un cas fortuit, le débiteur a été empêché de donner ou de faire ce à quoi il était obligé ou a fait ce qui lui était interdit. »

Mais on chercherait vainement, dans tout le code civil, un article déclarant que la guerre est un cas de force majeure qui, dans toute la France, fait tomber les contrats et remet les parties dans le même état que si elles n'en avaient jamais signé. Le code édicte simplement une règle générale en spécifiant qu'elle devra s'appliquer dans chaque cas particulier et chaque fois qu'un contractant, obligé à un fait déterminé, prouvera que la guerre l'a mis dans un tel état qu'il ne pouvait exécuter son obligation.

Le bon sens populaire a résumé ces principes juridiques, en une maxime bien connue : « à l'impossible, nul n'est tenu », mais il faut prouver le fait « impossible » et non pas seulement le fait « difficile préjudiciable » qui n'est certes pas une exonération.

On pourrait citer, au moment de la guerre de 1870, des centaines d'applications de ce principe : un arrêt de la Cour de Cassation du 19 novembre 1872 (affaire Say c. Lebeu et Schwoob) a décidé que, pour que la force majeure soit admise comme cause légale de résiliation, le demandeur doit prouver une impossibilité radicale, l'absence de toute faute de sa part étant également évidente : et la Cour n'a pas admis cette impossibilité à l'égard d'un sieur Say qui, ayant vendu à un sieur Lebeu de Belfort une certaine quantité de pains de sucre, se trouvait à la fin de juillet 1870 dans l'obligation de livrer 900 pains dont il avait réclamé le paiement d'avance; déjà la Cour de Besançon, dont la Cour Suprême s'est approprié les motifs, avait décidé que la force majeure, du 4 août au 4 septembre, n'existait pas, que la maison Say aurait parfaitement pu à ce moment envoyer de

(1) Il ne faut pas confondre les contrats dits de livraison, même pour une date fixe avec les contrats spécialement visés dans le décret du 10 août 1914 qui sont soumis au moratorium, parce qu'ils stipulent une déchéance si une des parties n'a pas accompli dans un temps fixé une formalité déterminée : la différence entre ces deux hypothèses a été soulignée par l'arrêt de la cour de Cassation du 4 août 1915, Maison Agnès c. Melle Maalderinck.

Digitized by Google

Paris à Belfort par le chemin de fer de l'Est les sacs réclamés, au risque d'encourir une certaine gêne ou des frais supplémentaires.

Dans le sens contraire, mais par l'application des mêmes principes (dans une affaire Montel contre Samuel, Dalloz 1872,1.456 arrêt du 7 mai 1872),la Cour a déclaré que des farines ayant été stipulées livrables à Paris en août et en septembre 1870, le destinataire n'ayant pu matériellement prendre livraison à cause de l'investissement de la place de Paris, ne devait aucun dommage-intérêt, son contrat ayant été résilié par le cas d'une force majeure indiscutable et absolue : on ne peut évidemment pas pénétrer dans une ville que l'ennemi encercle ou occupe. Donc, il y a « impossibilité », pas d'exécution et pas de dommage; s'il n'y a que « difficulté », exécution ou dommages,

Beaucoup de plaideurs intéressés à un changement de jurisprudence s'étaient flattés de démontrer rapidement à la Cour Suprême que les décisions précitées étaient intervenues à l'occasion de la campagne de 1870-1871, qu'ils appelaient « la petite guerre », par opposition à la campagne actuelle (1914-19), mais qu'il suffirait de faire valoir, par des conclusions bien motivées, à la Cour Suprême, que les changement de situation amènent aussi un changement dans la jurisprudence et qu'il y avait lieu de modifier sur-le-champ les anciens arrêts. La Cour Suprême a répondu que les modifications de fait peuvent bien amener des modifications dans les lois et que c'est seulement à cette condition que les tribunaux peuvent transformer le texte de leurs arrêts ; mais dans l'absence de texte nouveau et elle a jugé pour la campagne de 1914 par une décision du 4 août 1915 que si une maison a engagé, antérieurement à la déclaration, une employée que son sexe dispense évidemment d'aller à la guerre et qui peut continuer à fournir ses services, elle ne doit pas la congédier sous prétexte qu'elle n'en a plus besoin et doit restreindre son commerce : par conséquent la maison doit, en le regrettant profondément comme c'est son droit, continuer à lui servir les appointements promis, et dans cet arrêt très moderne la Cour Suprême a reproduit les termes mêmes de son ancienne jurisprudence : « Attendu, dit la Cour Suprême, que le cas de force majeure s'entend des événements qui rendent l'exécution de l'obligation impossible, mais non de ceux qui la rendent seulement plus onéreuse ; que, par suite, la société demanderesse était mal fondée à se prévaloir de l'article 1 148 du code civil puisque les juges du fait ont constaté souverainement qu'il n'y avait pas impossibilité pour elle d'exécuter ce contrat. »

Du jour où cet arrêt fut rendu, il fallut bien constater que la Cour souveraine ne modifierait pas sa jurisprudence sans un texte nouveau et le pouvoir législatif dut être saisi. Une proposition de loi formulée par le député Failliot amorça le débat; par la suite, elle est devenue la loi actuelle précitée du 21 janvier 1918.

II. — Les deux premiers articles de cette loi, de beaucoup les plus importants, affirment le caractère exceptionnel de la loi et précisent sa sphère d'application; remarquons tout de suite qu'elle est limitée aux contrats conclus avant le 1er août 1914, qui mettent à la charge d'un des contractants la livraison de marchandises ou de denrées, soit même d'autres prestations à faire pendant la guerre jusqu'à l'expiration du troisième mois à compter de la fin des hostilités (1) ; il faut encore que ces contrats soient commerciaux, sinon pour les deux parties contractantes, au moins pour l'une des deux. Si, par exemple, un négociant en vins a promis des livraisons à un autre marchand, il n'y a aucune difficulté possible : la convention étant intervenue dans l'intérêt du commerce de chacune des parties est commerciale à l'égard de toutes les deux ; la loi nouvelle s'appliquerait même au cas où un propriétaire de vignoble qui n'est pas commerçant aurait promis une fourniture à un négociant : car l'achat fait par ce dernier pour son commerce est un acte commercial ; mais elle ne saurait s'appliquer au cas ou deux particuliers auraient contracté au sujet de prestations à faire par l'un à l'autre : la jurisprudence actuelle s'appliquerait seule à cet acte purement civil.

Les marchés commerciaux, au moins pour l'une des parties, continueront d'après la nouvelle loi à être résiliables suivant les termes du droit commun ; par conséquent, l'impossibilité matérielle et radicale de la livraison continuera à être une clause de résolution du contrat dans le passé et dans le présent, sans indemnité conformément à la jurisprudence qui a été expliquée ci-dessus.

Mais voici l'innovation de la loi : si même indépendamment des clauses ordinaires de résiliation (2), (c'est-à-dire en dehors de la sphère juridique qui, d'après le code civil, amènerait la résolution), une des parties contractantes peut prouver que l'exécution du contrat lui causerait à raison de la guerre un préjudice « dont l'importance dépasserait de beaucoup les prévisions qui pouvaient être raisonnablement faites à l'époque de la convention », la résolution peut être prononcée avec ou sans dommages-intérêts, c'est le tribunal qui appréciera l'importance, soit du préjudice que l'on a pu envisager, soit de celui qui, au contraire, a dépassé toutes les prévisions permises. Et le tribunal a un plein pouvoir pour peser les faits, ce qui lui donne une latitude considérable ; aussi :

1° *Le tribunal peut résilier sans indemnité* ; par exemple, tout marchand de charbon en gros, qui vend à un client au détail une quantité déterminée dans un seul contrat, mais à répartir en une série de livraisons échelonnées, doit, à l'ordinaire, prévoir que s'il ne trouve pas — pour un fait quelconque — dans les mines qui lui fournissent habituellement les qualités acceptées, il pourra toujours se ravitailler dans d'autres mines, au risque de supporter des prix majorés, des transports

(1) On sait que, d'après le décret du 10 août 1914, la date de la fin des hostilités doit être déterminée par toute la France, au moyen d'un décret.

(2) L'article 2 de la loi dit expressément que les anciennes causes de résiliation pourront encore être valablement alléguées ; il eût été, en effet, étrange, qu'une loi créée pour faciliter la résiliation eût supprimé les causes actuellement existantes.

Digitized by Google

plus coûteux, des manutentions plus abondantes : mais sur tous ces points on a des renseignements fournis par l'expérience et susceptibles au moins d'être précisés, qui permettent de calculer non seulement le manque à gagner, mais la perte possible ; on peut dire que ces mésaventures sont courantes dans le commerce, qui ne se fait jamais, surtout pour des périodes fort longues, sans cet aléa du surenchérissement des matières premières qui est causé par des fluctuations économiques. Mais si, en un seul jour, et pendant des semaines et des mois, se dressent devant le promettant des obstacles innombrables, que l'on ne peut vaincre qu'à des prix inabordables, si l'obstruction des voies ordinaires, la réquisition de tout le charbon des mines françaises, la hausse colossale du fret, l'élévation déconcertante du prix des assurances, l'obligent à se procurer, s'il veut fournir, la marchandise prévue à des taux impossibles à prévoir, il demandera avec succès au tribunal la rupture du lien contractuel, même sans dommages-intérêts.

2° *Le tribunal peut résilier avec indemnité* ; et cela se produira d'abord toutes les fois que le promettant n'aura pas fait les efforts qui lui incombaient pour réaliser, dans la mesure du possible, la promesse contractée par lui, et ensuite toutes les fois que le tribunal sera amené à considérer le préjudice que l'acheteur aura pu subir lui-même du fait de la non-exécution. En effet, l'inexécution d'une convention, dans l'industrie notamment, ne peut que rarement passer inaperçue ; elle produit souvent des actions réflexes, des retards chez celui qui attendait une marchandise pour fabriquer, et même des résiliations de marchés ; il serait injuste que le premier en faute, même en dehors de sa volonté, vît son engagement résilié, sans que ceux qu'il a entraînés dans les mêmes ennuis ne puissent rien obtenir. Ce sera encore une question d'appréciation, on pourrait dire de dosage, à faire par le tribunal.

Et l'on peut remarquer le soin avec lequel le législateur, pour ne pas tenir en bride une juridiction à laquelle il entend laisser toute liberté, s'abstient de poser lui-même des règles étroites.

L'article 2 ne contient que de très vagues indications qui peuvent se résumer dans cette règle unique : il faudra se placer en esprit, au moment où le contrat est intervenu et voir ce qui à ce moment aurait pu être envisagé ; c'est aussi le sens du troisième alinéa « le juge, quand il accorde des dommages-intérêts, doit en réduire le montant s'il constate que, par suite de l'état de guerre, le préjudice a dépassé notablement celui que les contractants pouvaient prévoir » et l'alinéa suivant, applique la même règle à un cas qui, dans la pratique, se présentera fréquemment. Les acheteurs qui attendent leur livraison, pour éviter une perte de temps considérable qui augmenterait encore leur risque vis-à-vis de leurs clients personnels, se couvrent souvent en achetant à d'autres une marchandise de même nature ; le tribunal devra apprécier si le prix auquel cette marchandise a été rachetée rentre ou ne rentre pas dans les prévisions possibles.

3° *Le tribunal peut aussi suspendre l'exécution du contrat pendant le délai qu'il détermine.* Il y a en effet, deux sortes de livraisons : celles qui doivent être faites en un moment tellement défini que, passé le délai, elles n'ont aucune espèce d'utilité, et celles qui, bien que n'ayant pas été faites à l'époque voulue, peuvent encore très bien être accueillies par celui auquel elles sont dues. Il ne faudrait pas dans ce dernier cas que le débiteur de la livraison vînt dire : « parce que je suis en retard, je ne dois rien ». Et la jurisprudence ancienne a déjà adopté cette règle dans une affaire qui a occupé le tribunal et la Cour de Rouen. Un marché de pièces de calicot avait été passé au mois d'août et de novembre 1870. La guerre à ce moment suivait son cours ; il est donc certain que les parties ne pouvaient alléguer une surprise dans le fait de la campagne ; mais à la suite des événements navrants de décembre 1870 et de janvier 1871, la livraison avait été suspendue d'un commun accord ; plus tard le contractant qui devait recevoir la marchandise demanda au fournisseur de reprendre la livraison. L'arrêt de la Cour de Rouen remarque que, dans l'espèce envisagée, il n'y avait pas de date prévue d'une façon absolue : donc le marché subsiste dès qu'il est possible de l'exécuter. et il fixe un délai d'un mois, après lequel, si la livraison n'était pas faite, le marché serait résilié. C'est en réalité un temps d'épreuve que le tribunal donne pour sonder la bonne volonté de chacun.

III. — Nous n'avons point à insister ni sur la procédure nouvelle qu'inaugure la loi sous la forme d'une tentative de conciliation obligatoire devant le président de la juridiction (civile ou commerciale) qui devra être saisie de l'instance (art. 3) ni sur l'allègement des frais qui résultent du caractère sommaire que prendra l'instance, si elle se déroule devant le tribunal civil.

Mais diverses réflexions plus intéressantes s'imposent à nous pour compléter notre étude.

1° *Portée de la loi.* — Beaucoup de personnes s'imaginent que la loi du 21 janvier 1918, dite loi Failliot, s'appliquera aux concessions données par les départements et les communes (tramways, distributions de force, de lumière électrique ou de gaz) et elles prétendent avoir lu ce principe dans l'article 7 qui est ainsi conçu : « La présente loi est applicable aux marchés de fournitures passés avec les départements, les communes et les établissements publics ». C'est l'occasion de faire remarquer la grande différence qui existe entre le terme de *marchés de fournitures* que la loi emploie et les autres termes juridiques de *travaux publics et de services publics.*

Dans le marché de *fournitures*, la commune ou le département ne met à la charge du fournisseur aucun travail, et l'autorité publique qui représente légalement la collectivité achète, absolument comme achèterait un particulier ; dans ces conditions, il est absolument normal que les difficultés, nées des contrats de cette nature, soient portées devant le tribunal de droit commun : le tribunal civil. Ce principe a été affirmé dernièrement par un arrêt du Conseil d'État, en date des 24 et 31 juillet 1912 (ville de Lille contre Société

Digitized by Google

des granits des Vosges) qui s'est déclaré incompétent pour juger une contestation au sujet d'un marché, dans lequel on relevait les stipulations suivantes : le granit devait être livré à la ville de Lille sur le quai de la gare, vérifié par les services compétents de la municipalité et le contractant n'avait même pas à fournir des chevaux ou des hommes pour le transport.

Dans le marché de *travaux publics*, au contraire, on considère avant tout l'importance de l'ouvrage matériellement accompli qui s'incorpore, dans bien des cas pour toujours, à la voirie et voilà pourquoi toutes les concessions portant sur des canalisations d'eau, de gaz ou d'électricité sont classées dans cette série dont le contentieux appartient au Conseil de Préfecture et au Conseil d'État sur pourvoi. S'il en était besoin, on pourrait citer une jurisprudence tellement volumineuse qu'elle en serait effrayante.

Enfin, on dit qu'il y a *service public* concédé, lorsque le contrat passé par la commune ou le département, sans comprendre un travail dans le sens d'un ouvrage matériel et adhérent à une voie publique, associe le contractant à une œuvre qu'une collectivité peut seule accomplir; ainsi, par exemple, constitue un contrat de service public la mission donnée à un équarisseur d'enlever les animaux morts sur la voirie municipale, moyennant une rémunération, avec promesse de l'exclusivité (arrêt Thérond, du 4 mars 1910). Il est évident qu'un particulier ne pourrait pas donner une concession de cette nature, car il ne dispose pas de la voirie; et, d'autre part, il est non moins évident qu'il n'y a pas travail public car le fait de promener une voiture dans les rues d'une ville ne constitue pas un ouvrage dans le sens matériel du mot.

Or, de ces trois sortes de contrat, la loi Failliot n'en vise qu'un seul : *c'est celui de fournitures* et les contrats de travaux publics et de services publics concédés seront réglés, s'il y a lieu, par une autre disposition légale au sujet de laquelle une proposition a déjà été faite par un député de Seine-et-Marne, M. Delaroue (1); le rapport de M. Guillier, au Sénat, souligne admirablement la différence au point de vue d'application de la loi entre le contrat de fournitures et les autres contrats. « Si on comprend, dit-il, que les contrats en général passés avec l'État, ainsi que les contrats de concessions de services publics passés avec les départements et les communes, doivent rester en dehors du cadre de la présente proposition de loi et ce, en raison de l'intérêt public qui est engagé à ce que ces services soient avant tout assurés, et si on conçoit la nécessité de soumettre à des règles spéciales les conventions de cette nature, on ne saisit pas pourquoi les marchés de fournitures conclus avec les départements et les communes ne donneraient pas à ceux qui les ont contractés avant la guerre les mêmes droits que s'ils les avaient contractés avec des particuliers ou des commerçants.

» Des marchés de fournitures ont été passés antérieurement à la mobilisation avec les départements, les communes et les établissements publics, ils ont porté sur des objets très variés (vêtements des agents, imprimés, fournitures de bureau, chauffage, objets d'alimentation, etc...) Ces fournitures ont subi la hausse qui s'est produite sur toutes choses. Serait-il juste de les traiter moins équitablement que s'ils avaient contracté avec d'autres commerçants? Le préjudice qu'ils subissent et qui peut les conduire à la ruine, n'a-t-il pas uniquement pour cause les événements de la guerre? Ces marchés étant soumis, en cas de contestation, aux tribunaux de droit commun, ceux-ci leur appliqueront les principes formulés dans la nouvelle loi en faveur de ceux qui ont traité des affaires commerciales ordinaires.

» La situation des uns et des autres étant la même, le dommage éprouvé ayant la même cause, la solution des conflits nés de l'extrême difficulté d'exécution des contrats doit être la même dans tous les cas.

» Il serait trop rigoureux de contraindre ces fournisseurs à exécuter strictement leurs marchés, tandis que ceux auxquels ils se sont adressés pour se couvrir pourront invoquer contre eux la situation exceptionnelle que leur crée la guerre. »

2° *Principe de la chose jugée.* — La loi nouvelle respecte le principe de la chose jugée, mais seulement pour les décisions exécutées. « Au cas où des décisions de justice, dit l'article 7, passées en force de chose jugée, sont intervenues à propos des contrats visés à la présente loi, les dispositions ci-dessus restent applicables, mais seulement pour celles des obligations qui n'auront pas été exécutées; pour ces dernières (c'est-à-dire d'après le rapport du sénateur Guillier, celles qui seront jugées mais pas encore exécutées), elles pourront donner lieu à une action en résiliation ou en prorogation de délai. Il est vraiment regrettable que, pour une question aussi délicate, le rapport n'ait pas cru devoir entrer dans des détails un peu plus complets; car bien des points d'interrogation se présentent à notre esprit. Nous croyons évidemment comprendre que l'article précité envisage l'hypothèse suivante : un négociant devait fournir une série de marchandises qu'il n'a pas livrées en arguant du cas de force majeure : le tribunal l'a condamné à livrer ou à payer des dommages-intérêts; il a acquiescé au jugement, donc la sentence a acquis l'autorité de la chose jugée; mais il n'a encore ni livré les marchandises, ni payé les dommages; il semble que, d'après la loi, on doit admettre qu'il pourra recommencer une instance en se basant sur les dispositions de la loi nouvelle.

Des cas assez bizarres pourront aussi se présenter : par exemple une instance étant jugée en premier ressort et ayant été déférée à la Cour d'appel doit évidemment, puisqu'il n'y a pas encore chose jugée, être soumise aux règles de la loi nouvelle. Mais devant qui

(1) Cette proposition de loi a été votée par la Chambre des députés à la séance du 19 juillet 1917 (voir *Journal officiel* du 20 juillet); cela diminue le conflit entre la proposition Failliot et la proposition Delaroue, conflit qui est né de ce que la Commission de législation civile voulait absolument réunir dans un même texte la loi Failliot et la loi Delaroue (voir *Doc. parl.* Chambre annexe 3 346, p. 709 et 3 399, p. 82.)

Digitized by Google

fera-t-on alors la comparution en conciliation ? est-ce devant le président du tribunal civil comme cela résulterait du texte même de la loi, est-ce au contraire devant le premier Président de la Cour d'appel, comme le voudrait le bon sens ?

3° *Résiliation des marchés passés avec les ressortissants des puissances ennemies.* — Les marchés à livrer qui ont été passés avec les sujets des puissances ennemies ne sont régis par aucune loi. Subsistent-ils encore ? Sont-ils résiliés ? Certaines personnes ont voulu faire liquider la question avec ou contre les administrateurs-séquestres ; mais elles se sont heurtées de la part de ces derniers à cette réponse : « Nous ne sommes pas nommés pour représenter en justice les intérêts allemands, ni pour plaider en leur nom ; mais seulement pour divertir de la masse des biens situés en France la part qui peut appartenir aux ennemis et en assurer la conservation jusqu'à ce qu'il en soit autrement ordonné ». Cette situation bizarre devenait intolérable ; car certains commerçants ayant contracté avec l'étranger avant la guerre se voient actuellement refuser du crédit jusqu'à ce que la situation soit tranchée ; aussi on a profité de la loi sur les résiliations pour trancher cette situation, bien qu'elle ait été déjà prévue dans un projet de loi destiné à convertir en une loi le décret présidentiel du 27 septembre 1914 qui a prohibé le commerce avec l'ennemi (Documents parlementaires Chambre des députés année, 1917, n° 3225) ; mais comme cela a été expliqué par le président de la Chambre à la date du 19 juillet 1917, dans l'intérêt de la rapidité, on a profité du vote de la loi sur les marchés commerciaux pour sortir de cette situation vis-à-vis des ennemis.

Le texte est ainsi conçu : « La résiliation des contrats passés avec les ressortissants des pays ennemis, antérieurement au début de la guerre, pourra être demandée par tous les Français, protégés français nationaux des pays alliés ou neutres, ou bénéficiaires d'un permis de séjour. »

De deux choses l'une, ou le contractant, sujet ennemi possédait des biens en France : et il est alors muni d'un administrateur-séquestre, dans ce cas l'assignation est lancée contre ce dernier, et c'est le président du tribunal civil dont il dépend qui est compétent ; ou bien, il n'y a pas eu d'administrateur séquestre nommé et le contractant qui veut diriger son instance adresse une demande en référé au président de son tribunal qui statue et doit accorder la résiliation, à moins qu'il y ait des motifs graves de la refuser notamment si cela lésait des Français.

4° *Contrats écartés de la loi.* — Nous savons tous qu'une loi attendue depuis plusieurs années doit solutionner la question des loyers et des baux à ferme ; le législateur n'a pas voulu empiéter par la loi actuelle sur les textes qu'il se réserve de faire en temps utile et qui devront être parfaits si leur qualité est en proportion du temps qu'ils auront démandé ; il était donc naturel que la loi nouvelle, dans son dernier article, écartât de sa sphère d'application tout ce qui peut toucher aux contrats de cette nature ; on se demande pourquoi elle a même voulu ne pas toucher au contrat de louage d'ouvrage, c'est-à-dire à un contrat qui n'a rien de commun avec les locations d'immeubles ou de fermes ; probablement le mot de « louage » a opéré sur l'esprit du législateur un effet magique et voilà pourquoi nous avons un dernier article ainsi conçu : « La présente loi n'est pas applicable aux opérations effectuées dans les bourses de valeurs lesquelles restent soumises aux lois et décrets qui les concernent, non plus qu'aux contrats de louage d'ouvrages aux baux « à loyer et à termes ».

Nous serions heureux si nous avions pu déterminer clairement les contrats auxquels s'applique la loi et les difficultés qu'elle a pour but de solutionner.

Paul BOUGAULT,
Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

Législation, jurisprudence, réglementation

Décrets modifiant le décret du 10 août 1917 réglant la composition et les conditions de fonctionnement de l'Office de reconstitution industrielle des départements victimes de l'invasion et nommant les membres de cet Office.

Le « Journal officiel » du 20 février 1918 publie, p. 1734, le décret suivant pris en date du 16 février 1918 :

ARTICLE PREMIER. — L'article premier du décret du 10 août 1917 est ainsi modifié :

L'Office de reconstitution industrielle des départements victimes de l'invasion, créé au ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, par la loi du 6 août 1917, et rattaché aujourd'hui au ministère du Blocus et des Régions libérées, est composé de seize membres nommés par décret contresigné par le ministre du Blocus et des Régions libérées et par le ministre des Finances, et comprenant :

Huit représentants du ministre du Commerce et de l'Industrie, dont la moitié appartenant aux départements victimes de l'invasion ;

Deux représentants du ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes ;

Un représentant du ministre des Finances ;

Un représentant du ministre du Blocus et des Régions libérées ;

Un représentant du ministre de la Guerre ;

Deux représentants du ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre ;

Un représentant du ministre des Travaux publics.

Ces seize membres ont seuls voix délibérative.

Le décret est suivi d'un second décret nommant les membres de l'Office.

Décret portant règlement d'administration publique pour l'exécution de l'article 47, 1° et 2°, de la loi du 31 juillet 1913 relative aux voies ferrées d'intérêt local.

Le « Journal officiel » du 6 décembre 1917 publie, p. 9865

Digitized by Google

un décrit pris en date du 27 novembre 1917 et portant règlement d'administration publique pour l'exécution de l'article 47, 1° et 2°, de la loi du 3 juillet 1913 relative aux voies ferrées d'intérêt local.

Les alinéas 1° et 2° de l'article 47 de la loi du 31 juillet 1913 étaient ainsi conçus :

Des règlements d'administration publique déterminent :

1° Les justifications à fournir par les concessionnaires ou par les départements ou les communes, pour établir les recettes et les dépenses annuelles ;

2° Les conditions dans lesquelles seront fixées et payées les subventions dues par l'État, les départements ou les communes, ainsi que celles dans lesquelles la part des bénéfices revenant à l'État, aux départements et aux communes sera fixée et recouvrée.

Le présent décret fixe ces dispositions.

L'article premier détermine la composition du capital qui devra comprendre, d'une part, les dépenses faites pour la construction, la mise en exploitation des lignes et leur parachèvement pendant les deux premières années qui suivront celle où chaque ligne aura été mise en exploitation complète, pour la constitution de la société et l'émission des obligations, le tout augmenté de la prime d'économie s'il y a lieu, et, d'autre part, les dépenses faites pour les travaux complémentaires pendant les dix premières années.

L'article 2 décide que les comptes des dépenses faites au cours de l'année écoulée pour le premier établissement des lignes et pour les travaux complémentaires, seront établis par le concessionnaire et remis par lui au préfet ou au maire ou au président du syndicat de communes avant le 30 avril de chaque année.

La fin de l'article 2 et les articles 3, 4 et 5 fixent la façon dont les comptes devront être établis et arrêtés.

Les articles 6, 7 et 8 déterminent la composition de la Commission chargée d'examiner les comptes et les fonctions de ladite Commision.

L'article 9 déclare qu'en cas de désaccord entre l'Etat, le département, le syndicat de communes ou la commune et le concessionnaire, les comptes devront être soumis, avec toutes les pièces à l'appui, à la Commission de vérification des comptes des compagnies de chemins de fer, instituée par le décret du 28 mars 1883. Cette Commission est saisie, dans tous les cas, des comptes des lignes exploitées en régie et subventionnées par l'Etat, après leur examen par la Commission locale.

L'article 10 dispose que des avances sur les subventions dues par l'Etat, pour chaque année d'exploitation, au département, au syndicat de communes ou à la commune sont mandatées avant le 15 février de l'année suivante et que des avances sur les subventions dues par ce département, le syndicat de communes ou la commune au concessionnaire sont mandatées de même avant le 28 février. L'article dit dans quelles conditions devrait s'effectuer les versements.

Les articles 11 et 12 décident que les attributions attribuées au ministre sont exercées par le préfet lorsque l'entreprise de voie ferrée, pour laquelle l'Etat n'a pris aucun engagement, reçoit une subvention du département, du syndicat de communes ou de la commune ; que la comptabilité de toute entreprise de voie ferrée d'intérêt local subventionnée est soumise à la vérification de l'inspection générale des finances ; l'article 13 fixe le maximum des subventions à accorder par l'Etat ; l'article 14 donne au département la faculté de renoncer à la subvention de l'Etat pour toute ligne nouvelle ; les articles 15 et 16 déterminent le point de départ de la subvention, le calcul et le taux des annuités. L'article 17 est relatif aux lignes concédées sous le régime de la loi du 11 juin 1880 et placées sous le régime de la loi du 31 juillet 1913. L'article 18 décide que le concours de l'Etat, du département, du syndicat de communes ou de la commune ne peut être mentionné sur les titres sauf autorisation du ministre. L'article 19 abroge les articles 3 à 11 du décret du 20 mars 1882 modifié par décret du 23 décembre 1885 et décide que les articles 12 et 13 du décret du 20 mars 1882 restent applicables aux concessions dont le régime financier reste soumis à la loi du 11 juin 1880.

Circulaire relative aux attributions du ministère de l'Agriculture et du ministère de l'Armement en ce qui concerne les usines hydro-électriques.

En vue de faciliter la création des usines dans l'intérêt de la Défense nationale, un décret du 22 décembre 1916 a transféré, pour la durée de la guerre, au ministère de l'Armement, les attributions du ministère de l'Agriculture en ce qui concerne l'aménagement et l'utilisation des forces hydrauliques des cours d'eau non navigables. L'application de ce décret ayant démontré la nécessité de dispositions complémentaires pour mieux atteindre le but poursuivi, nous avons décidé, d'un commun accord que la réglementation des usines sur les cours d'eau non navigables serait, à l'avenir, assurée dans les conditions suivantes :

Seront réglementées, sous la seule autorité du ministre de l'Agriculture et du Ravitaillement, les usines d'une puissance maxima inférieure à 500 kw et celles destinées à la traction des chemins de fer.

Seront réglementées, sous l'autorité du ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre, toutes les autres usines, étant entendu que celui-ci se conformera à l'avis du ministre de l'Agriculture et du Ravitaillement en ce qui concerne la satisfaction des besoins domestiques et la sauvegarde des intérêts agricoles.

En exécution de ces dispositions, les affaires d'usines qui doivent être soumises à l'Administration centrale, et notamment les dossiers de la réglementation, dans le cas prévu par l'article 14 du décret du 1er août 1905, seront adressés, soit au ministre de l'Agriculture et du Ravitaillement, s'il s'agit d'usines d'une puissance inférieure à 500 kw ou destinées à la traction des chemins de fer, soit au ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre, s'il s'agit d'usines d'une puissance supérieure à 500 kw et non destinées à la traction des chemins de fer.

De plus, lorsque vous soumettrez au ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre le dossier de la réglementation d'une usine supérieure à 500 kw, vous aurez à fournir, en même temps, au ministre de l'Agriculture et du Ravitaillement, un extrait de ce dossier comprenant une copie des rapports des ingénieurs avant et après l'enquête, ainsi que du projet de règlement et de vos propositions. Lorsqu'il s'agira d'une usine supérieure à 500 kw et destinée à la traction des chemins de fer, vous devrez, en soumettant le dossier de la réglementation au ministre de l'Agriculture et du Ravitaillement, adresser parallèlement au ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre un extrait de ce dossier comprenant les pièces indiquées ci-dessus.

Enfin, l'application de la circulaire du 3 juillet 1908 sera à l'avenir assurée dans les conditions suivantes : les renseignements prévus par cette circulaire seront envoyés simultanément aux ministres de l'Armement et des Fabrications de guerre, et de l'Agriculture et du Ravitaillement lorsqu'il s'agira d'usines d'une puissance supérieure à 500 kw. Ces renseignements ne seront envoyés qu'au ministre de l'Agriculture et du Ravitaillement dans les cas d'usines d'une puissance inférieure à 500 kw. En conséquence, la circulaire du ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre du 15 octobre 1917, n° 198 FM/3, est rapportée en ce qui concerne lesdites usines.

Nous adressons directement ampliation de la présente circulaire à MM. les Ingénieurs du Service hydraulique.

Le ministre de l'Agriculture et du Ravitaillement,
V. BORET.

Le ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre,
LOUCHEUR.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 11. — 16 MARS 1918.

Chronique. — Sur les recommandations de l'Académie au sujet du langage scientifique moderne. — Bibliographie : Notions sommaires d'Electrotechnique, par R. DE VALBREUZE. — Académie des Sciences, p. 385 et 386.

Section scientifique et technique. — Contribution à l'étude expérimentale des mouvements périodiques. Application à la théorie élémentaire des courants alternatifs, par A. POUCHOLLE, p. 387. — Revues, analyses et informations : La rigidité diélectrique apparente de la toile vernissée, p. 395 ; Nature des vibrations entretenue par une force périodique, p. 396.

Section industrielle. — Les électro-aimants de levage, par J. REYVAL, p. 397. — La canalisation des défauts dans les câbles souterrains, par L. CONGE, p. 409. — La troisième Foire de Lyon, par J. N., p. 410.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Société anonyme Wistinghouse, p. 415 ; Société d'Applications industrielles, p. 415. — Revues, analyses et informations : Les usines d'achat et de vente en Allemagne, p. 416 ; Les questions économiques et la presse quotidienne en Allemagne, p. 416.

Sur les recommandations de l'Académie au sujet du langage scientifique moderne. — L'Académie des Sciences s'est préoccupée des mauvaises locutions introduites par les jeunes savants dans le langage scientifique moderne, en particulier dans le domaine des sciences expérimentales et naturelles. Les résultats de la discussion à laquelle ce sujet a donné lieu ont été consignés dans une note intitulée : « Observations sur le langage scientifique moderne » et signée de MM. Bigourdan, Blondel, Bouvier, Branly, Douvillé, Guignard, Haller, Haug, Henneguy, A. Lacroix, Lallemand, Laveran, Lecomte, Lecornu, Lemoine, Maquenne, Picard, Roux, Schloesing fils et Tisserand, note qu'il nous paraît utile de signaler à nos lecteurs. Car, bien que la Rédaction de la « Revue générale de l'Électricité » se soit toujours efforcée d'éliminer ces mauvaises locutions, nous devons loyalement reconnaître qu'elle n'y est pas toujours parvenue.

« Depuis déjà plusieurs années, lit-on dans cette note, les jeunes savants manifestent une tendance fâcheuse à introduire dans leurs mémoires des néologismes qui sont trop souvent inutiles ou mal construits, ainsi qu'à négliger la forme de leurs rédactions. Ils pensent évidemment faire ainsi œuvre scientifique et en accroître d'autant la valeur de leurs travaux ; en réalité, le premier sentiment que l'on éprouve en lisant certains de ces mémoires est qu'ils ont été écrits par un étranger, ou traduits d'une langue étrangère par un Français dédaigneux des principes les plus élémentaires de la linguistique, de la grammaire et du style. »

Les auteurs passent ensuite en revue les fautes de langage scientifique des différentes branches des sciences et veulent bien reconnaître que les erreurs sont moins nombreuses à ce point de vue dans les sciences exactes, mais ils font quelques critiques au sujet du langage électrique.

« Dans les sciences mathématiques, les expressions nouvelles sont rares et, en général, de construction correcte ; mais en électricité, beaucoup d'auteurs ont la mauvaise coutume d'employer des abréviations incompréhensibles pour le public : tel est, par exemple, l'usage des mots « self » et « mutuelle » pour désigner l'auto-induction (en anglais self-induction) et l'induction mutuelle. Il est d'autant plus nécessaire d'exclure le mot « self » que c'est un préfixe anglais.

» A ce propos, il paraît utile d'appeler l'attention sur le grand danger que fait courir actuellement l'habitude que prennent certains auteurs de traduire littéralement et sans tenir compte des nuances différentes des deux langues, un radical anglais par le même radical français ; c'est ainsi qu'on emploie depuis quelque temps à tort les mots « contrôle » et « contrôler » dans le sens de « commande, direction, commander, diriger », plus les liens entre les deux nations voisines se resserreront, plus il faudra apporter de discernement dans les traductions de ce genre » (1).

Des critiques analogues avaient d'ailleurs été déjà exposées en 1916 par notre prédécesseur, « La Lumière électrique » (1er janvier 1916, t. XXXII, 2e série, p. 20), dans un article intitulé : « L'anglais tel qu'on le parle en électricité », et dont l'auteur protestait, contre la déplorable habitude que prennent les techniciens par application de la méthode du moindre effort, de traduire les mots anglais par les mots

(1) Une éminente auteur américaine vient d'ailleurs de signaler au public français dans une récente conférence (*Revue hebdomadaire*, 23 février 1918) les dangers que les traductions approximatives présentent pour la compréhension mutuelle entre Français et Américains.

Digitized by Google

français qui leur ressemblent ; nous en rappelons quelques exemples, dont le dernier est d'actualité militaire :

Mots anglais.	*Traduction fautive.*	*Traduction exacte.*
Allow	allouer	permettre.
Control	contrôle	commande.
Control (verbe)	contrôler	diriger, avoir la haute main sur.....
Survey	surveillance	cadastre, relevé.
Agreement	agrément	contrat.
Contractor	contracteur	soumissionnaire.
Engine governor	gouverneur de machines	régulateur.
Régulations	régulations	règlement.
Régulation	régulation	régularité.
Digest	digestion	analyse.
Abstracts	abstraits	résumé.
Purchase	pourchasser	acheter.
Reclamation	réclamation	remise en valeur.
Clerc	clerc	employé de bureau.
Clerical	clérical	relatif aux employés.
Regard	regard	égard.
Recurrence	récurrence	recours.
Ordnance	ordonnance	armement.

Nous appelons sur ces exemples l'attention de ceux de nos collaborateurs qui veulent bien nous envoyer des articles traduits de l'anglais. Il nous paraît utile d'insister aussi sur l'opportunité de ne créer des néologismes qu'avec beaucoup de prudence et de ne les adopter définitivement, comme le recommande l'Académie, que quand des Congrès les ont sanctionnés ; « ce sont les Congrès qui offrent l'occasion d'unifier le langage international et de le contrôler ».

L'Académie des Sciences proteste, d'autre part, contre l'insuffisance de la rédaction et de la ponctuation de beaucoup de mémoires : « de pareilles négligences », dit-elle, « portent une sérieuse atteinte aux deux qualités essentielles de la langue française, qui sont la clarté et la précision. Nos anciens maîtres, les J.-B. Dumas, les Claude Bernard et autres, qu'on se plaît à lire encore aujourd'hui, nous ont pourtant montré que la pureté du langage n'est pas incompatible avec l'aridité des discussions scientifiques. C'est là pour nous un exemple à suivre, une tradition qu'il est de notre devoir de maintenir et de conserver pieusement comme tout ce qui fait partie de notre patrimoine national.

« Il ne saurait être question, bien entendu, d'opposer par ces critiques le moindre obstacle au libre développement du langage scientifique, en l'astreignant à se mouvoir dans le cercle trop étroit d'un vocabulaire qui n'a pas été fait pour lui : une langue est un organisme vivant qui croît et se développe sans cesse.

» La découverte de phénomènes nouveaux entraîne nécessairement la création de mots nouveaux, de néologismes évitant l'emploi de longues périphrases : c'est ainsi qu'ont été introduits les mots isobare, adiabatique, etc. ; mais ces mots nouveaux, ces néologismes doivent être réduits au strict minimum, correctement construits, bien assemblés dans la phrase et employés toujours dans un même sens bien déterminé.

» A cet égard, il est juste de reconnaître que les locutions introduites anciennement en physique et en mécanique sont, en général, mieux formées que celles qui figurent dans les travaux modernes de physico-chimie et de biologie. Evitons ces incorrections en imitant la prudence de nos devanciers et, surtout, efforçons-nous de défendre notre langue contre toute infraction aux règles qui, de tout temps, ont présidé à la formation de son répertoire et de sa syntaxe. Entre autres avantages, ce sera pour les jeunes savants le meilleur moyen d'être compris et appréciés par un plus grand nombre de lecteurs. »

Nous ne pouvons qu'approuver ces conseils excellents et nous efforcer de plus en plus de les suivre. Ces conseils sont d'autant plus opportuns que l'une des caractéristiques de la civilisation française, et une des qualités qui l'ont favorisée au cours des siècles, est précisément la clarté du langage, stimulatrice de la franchise et de la clarté des idées ; ces qualités essentielles de la nation française, précieux héritage de la civilisation gréco-latine, doivent être plus que jamais défendues contre l'obscurité du langage et l'hypocrisie de la pensée, mais ne doivent pas nous empêcher de remettre en honneur et de développer dans notre pays le sens des réalités, le culte du bon sens, l'esprit de prévoyance, qui ont donné à Rome la supériorité sur la Grèce et que nous avons trop négligés au profit de l'art oratoire et de la littérature.

Bibliographie : Notions sommaires d'électrotechnique, par R. de Valbreuze [1]. — Il arrive assez souvent que l'on demande à des électriciens une explication simple du fonctionnement d'une génératrice ou d'un moteur, ou une définition de la résistance et du travail électrique ; en général, il est difficile d'improviser une réponse et d'esquisser un schéma capables de satisfaire l'esprit de votre interlocuteur. Nous avons pris au hasard ces exemples simples ; mais supposons qu'un autre interlocuteur, déjà plus érudit, vous prie de lui dévoiler quelque peu les mystères du champ tournant et, partant du moteur asynchrone, ou la marche du moteur à répulsion, vous exigerez un bon moment de réflexion avant de risquer une explication. Le livre de M. de Valbreuze nous a justement laissé cette impression qu'il est conçu de façon à satisfaire amplement à tous ces desiderata : il n'est pas limité à des définitions qui, en l'espèce, seraient insuffisantes, mais des schémas d'une grande clarté accompagnent le texte et en facilitent la compréhension. L'ouvrage se développe aussi suivant un plan méthodique dont l'enchaînement en rend la lecture plus aisée ; il comprend le courant continu et le courant alternatif. Nous estimons donc qu'il rendra de grands services aussi bien aux ingénieurs et professeurs qui y trouveront toutes prêtes les réponses auxquelles nous faisons allusion dans notre préambule qu'à ceux, industriels et amateurs, qui désirent acquérir par leurs propres moyens des notions sommaires d'électrotechnique.

B. C.

Académie des Sciences. — Séance du 4 mars 1918. — Parmi les notes présentées à l'Académie des Sciences pendant cette séance, nous signalons à nos lecteurs les suivantes : « Diagramme entropique du pétrole », par M. Jean Rey et : « Sur les propriétés magnétiques du manganèse et de quelques aciers spéciaux au manganèse » par Sir Robert Hadfield, MM. C. Chéneveau et Ch. Géneau.

[1] Un vol., format 23 cm × 14 cm., 180 pages, avec 133 figures dans le texte. En vente à la *Revue générale de l'Electricité*, 12, place de Laborde, Paris, prix, broché, 6 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Contribution à l'étude expérimentale des mouvements périodiques

APPLICATION A LA THÉORIE ÉLÉMENTAIRE DES COURANTS ALTERNATIFS

L'auteur décrit un très intéressant appareil dû à l'ingéniosité de M. Gueugnon et qui permet de mettre à la portée des élèves des écoles primaires supérieures et de l'enseignement technique, l'étude des phénomènes vibratoires. C'est une machine d'Atwood convenablement modifiée pour la production et l'inscription des mouvements périodiques et dont les graphiques, non seulement parlent aux yeux, mais se prêtent à des mesures quantitatives de grande précision. Elle facilitera la compréhension des courants alternatifs dans les écoles où le manque de connaissances mathématiques exige que l'on procède par voie expérimentale. A titre documentaire, nous devons rappeler que, dès 1906, M. Chassagny, inspecteur général de Physique, avait déjà réalisé « une machine pour étudier graphiquement la composition de deux mouvements pendulaires de même direction et de directions rectangulaires ».

I. — L'emploi du courant alternatif est devenu la règle dans la production et la transmission de l'énergie électrique. Il tend à l'être pour l'utilisation de cette énergie. Industriellement, la forme continue s'obtient le plus souvent à l'aide de transformateurs rotatifs de courant alternatif. Si même on produit directement le courant continu à l'aide d'une dynamo, le phénomène essentiel reste le phénomène périodique : la force électromotrice d'une dynamo n'est que la somme des valeurs instantanées d'un grand nombre de forces électromotrices alternatives polyphasées. C'est encore le phénomène périodique qu'on retrouve à la base de l'étude de la télégraphie sans fil.

Pourtant, combien minime est la part consacrée aux courants alternatifs dans les programmes et les traités de l'enseignement moyen de l'électricité. Nous pourrions citer tel traité récent écrit pour les écoles industrielles, où cette part est tout juste celle qu'on accorde à l'électricité statique! Est-ce simplement la routine qu'il faut incriminer? Sans doute, cette touchante sollicitude pour les théorèmes de Green et de Poisson procède bien un peu de notre habitude irréfléchie d'enseigner ce que nous avons appris. Et qu'apprenait-on en électricité il y a seulement trente ans, en dehors de l'électricité statique? Mais si l' « alterno-cinétique » ne tient qu'une petite place effacée à la table que préside encore souvent la vénérable douarière « statique », n'est-ce pas aussi parce qu'on ne sait pas, à la vérité, « par quel bout » prendre ce nouveau convive?

Lorsqu'il se présente à nous, paré des ressources du calcul et de la représentation symbolique, nous n'avons pas de peine à lui donner sa véritable place; mais si, pour se mettre à la portée de tout le monde, il s'accompagne seulement du cortège des vagues analogies hydrauliques, nous sommes tentés de négliger ce personnage, intéressant sans doute, mais tout de même un peu décevant quand on se demande ce qui reste de sa conversation parfois étincelante.

Grande est, en effet, la difficulté de faire passer le haut et lucide enseignement, d'une forme maintenant classique, des belles « Leçons d'électrotechnique générale » de M. Janet dans le domaine de l'enseignement technique élémentaire et même moyen. Il y a plus de vingt ans que le savant directeur de l'Ecole supérieure d'Électricité annonçait dans la préface de ses « Premiers principes » le volume sur les courants alternatifs qui devait les compléter. Quel service ne rendrait-il pas à la cause de cet enseignement moyen s'il voulait bien l'écrire et fixer, du fait de sa haute autorité, les normes des cours destinés aux élèves des écoles primaires supérieures, des écoles pratiques d'industrie et des écoles professionnelles; en résumé, à tous les élèves qui ne disposent pas d'une culture mathématique suffisante pour aborder les questions par le calcul?

C'est maintenant redire des lieux communs que d'insister sur l'importance, sur l'urgence de la résolution de tels problèmes pour l'après-guerre. Les voix les plus autorisées se sont fait entendre, mais peut-être ont-elles trop exclusivement envisagé les améliorations à apporter à l'enseignement technique supérieur. Nous croyons, du reste, que celui-ci n'a à craindre aucune comparaison. Mais en est-il de même pour notre enseignement moyen? Nous laissons à ceux qui le vivent le soin de répondre.

Sans doute, de louables efforts ont été tentés : efforts en ordre dispersé illustrant les difficultés pédagogiques du problème. Tel professeur d'une de nos Facultés des Sciences, qui a écrit un livre élémentaire pour les élèves des écoles primaires supérieures et des écoles pratiques, a recours à l'emploi simultané de deux oscillographes pour mettre en évidence le déphasage du courant sur la tension en courant alternatif. Deux oscillographes! On peut bien les faire figurer par un petit cercle sur les feuillets d'un livre, mais avant qu'ils brillent en belle construction Carpentier, ou autre, dans les collections scientifiques d'une école pratique, il faut aviser et appliquer des méthodes exigeant des moyens plus modestes.

Digitized by Google

Ces méthodes existent; ce sont les méthodes vectorielles qui ont rendu tant de services dans l'enseignement supérieur et qui s'imposent ici si l'on veut éviter les cloisons étanches entre les divers ordres d'enseignement et faciliter le perfectionnement des élèves ayant fait les études les plus modestes. Sans aller chercher dans un livre allemand les exemples de ce qu'on peut tirer de la représentation de Fresnel pour la résolution des problèmes pratiques courants en alterno-cinétique, il nous suffira de citer le si consciencieux « Cours d'Électricité industrielle » de M. Lebois, ancien inspecteur général de l'enseignement technique, pour montrer la possibilité d'utiliser la méthode des vecteurs dans l'enseignement moyen que nous avons en vue ici. L'importance de cette méthode grandit encore de ce fait qu'elle explique tout aussi bien les phénomènes d'interférences en optique ou en électricité ondulatoire, les battements en acoustique ou en électricité, voire le jeu des marées et les phénomènes stroboscopiques. C'est à l'étude du phénomène périodique simple qu'il faut s'attacher comme on le fait maintenant si justement dans les nouveaux programmes des classes de mathématiques des lycées. Tout revient à construire cette base solide sur laquelle il sera ensuite facile d'asseoir la théorie des courants alternatifs.

Or, pour parvenir à la connaissance des faits en physique on peut se servir ou de déductions mathématiques ou de déductions expérimentales. Une expérience quantitative faite avec soin n'est pas seulement une vérification a posteriori des principes qui ont servi de base à l'étude mathématique, elle constitue aussi le moyen simple d'établir les faits eux-mêmes.

C'est le cas pour l'étude élémentaire des phénomènes périodiques. Ici, aussi, des efforts ont été faits pour adapter à ces fins particulières un matériel expérimental. Mais, jusqu'à présent, ce matériel présente deux défauts : le premier dans sa complication, autant de faits à expérimenter, autant d'appareils distincts; le second dans sa conception; il permet des expériences qualitatives mais non quantitatives. Or, tout phénomène auquel la mesure n'est pas applicable ne peut servir à l'établissement d'une loi, et nous nous proposons précisément de tirer des lois des résultats numériques fournis par les expériences.

Nous croyons donc qu'on nous saura gré de présenter ici le très remarquable appareil imaginé et construit dans tous ses détails par M. Gueugnon, chef de travaux à l'École normale de l'Enseignement technique, appareil auquel M. Violle vient d'avoir recours pour l'étude des mouvements périodiques dans ses conférences du Conservatoire.

II. — Appareil Gueugnon. — *Description.* — La genèse de cet instrument d'études a été dans le souci d'adapter la méthode expérimentale aux cours d'électricité que les élèves-maîtres de l'École normale de l'Enseignement technique auraient à professer dans les Écoles pratiques d'industrie. On a voulu d'abord inscrire graphiquement la sinusoïde qui représente un mouvement périodique simple, dans des conditions d'exécution telles que la représentation vectorielle de Fresnel puisse s'en déduire. Après divers essais, du reste heureux, d'adaptation d'enregistreurs classiques à cet objet, M. Gueugnon a eu l'idée d'obtenir le mouvement uniforme de la surface d'enregistrement de la manière suivante :

Sur l'arbre d'une machine d'Atwood montée entre pointes il a fixé un tambour en aluminium recouvert d'une mince feuille de caoutchouc.

Sur ce tambour repose la feuille de papier destinée à recevoir l'inscription du phénomène à enregistrer (fig. 1 et 2). Une tension convenable de cette bande de papier est assurée par deux petites barrettes glissées dans l'étui formé à chaque extrémité par le bord relevé et collé. L'adhérence avec la feuille de caoutchouc est telle que tout glissement est impossible même à la limite de la résistance du papier à la traction.

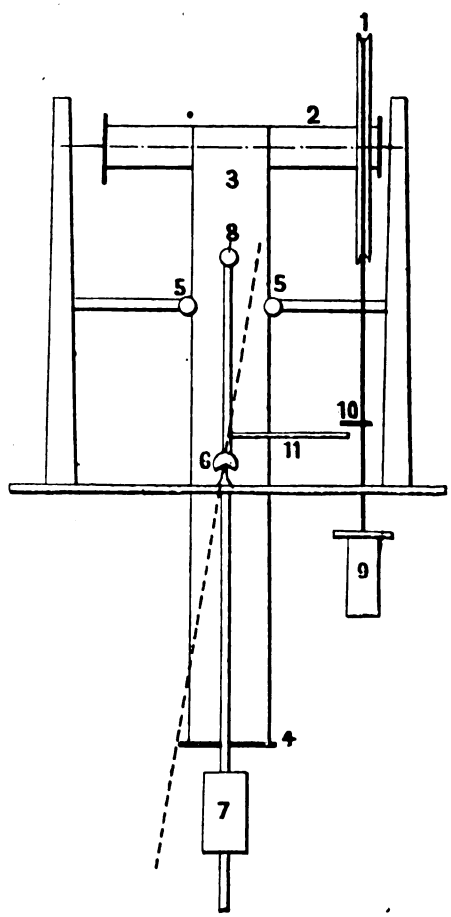


Fig. 1. — Schéma du dispositif en machine d'Atwood pour la vérification des lois de la chute des corps et des principes fondamentaux de la dynamique.

1-2, poulie et son tambour caoutchouté; 3, papier tendu par les barrettes 4; 5, galets-guides; 6, support du pendule 7; 8, stylet traceur; 9, poids et masse additionnelle; 10, encliquetage avec 11.

La bande de papier va donc participer rigoureuse-

Digitized by Google

ment au mouvement de la poulie : mouvement uniformément accéléré lorsqu'elle sera entraînée par la masse additionnelle ; mouvement uniforme lorsque celle-ci sera supprimée ; mouvement périodique lorsqu'elle sera commandée par un pendule.

Animée du mouvement uniforme, la feuille de papier pourra constituer une surface d'enregistreur, animée de l'un quelconque des mouvements précités, elle pourra réaliser le mouvement même à étudier. De là des

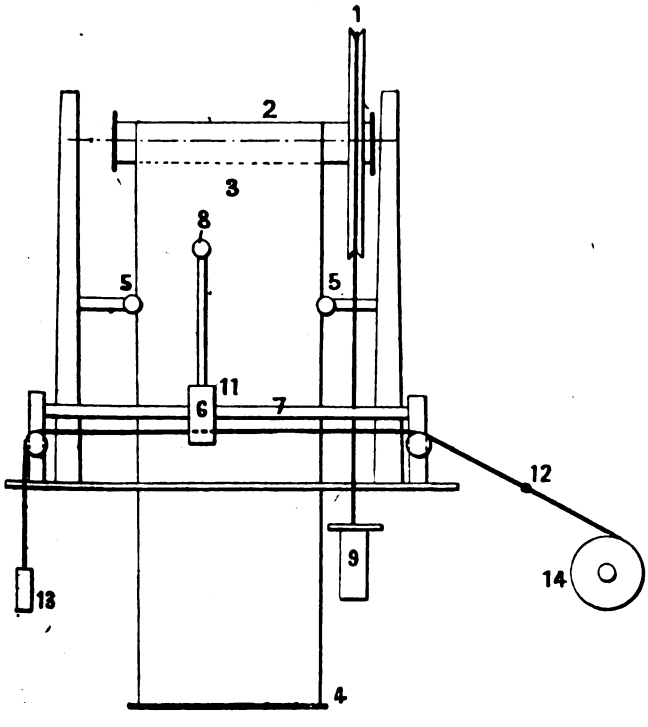


Fig. 2. — Schéma du dispositif permettant d'opérer en machine Morin pour vérifier les lois de la chute des corps et la loi de la composition de mouvements divers.

1-2-3-4-5, mêmes organes que précédemment ; 6, curseur mobile sur la tige 7 et portant le stylet 8 ; 9, grande masse et masse additionnelle ; 10, encliquetage avec 11 ; 12, fil tendu par 13, enroulé sur la poulie 14, fixée sur l'arbre du mouvement d'horlogerie. Le fil passe librement dans 6 jusqu'à l'arrivée du nœud 12 qui provoque la chute en entraînant le curseur.

ressources dont on estimera l'extrême variété dans la suite.

Dans tout phénomène périodique, le temps intervient comme variable. Comme nous nous proposons de faire des expériences quantitatives, nous devons pouvoir le mesurer. L'organe essentiel de la mesure des temps est le pendule. C'est lui qui, directement, va les inscrire sur la feuille de papier.

Il a suffi à M. Gueugnon de rendre un stylet solidaire de la tige du pendule (7) oscillant devant la feuille de papier (fig. 1).

Ce stylet peut être rigide, la feuille de papier légèrement tendue présentant la souplesse désirable. Ce détail paraît insignifiant ; il a pourtant permis d'obtenir des traits d'une pureté, que, dans certains cas, nul tracé à la main ne saurait réaliser (1).

Des détails de réglage permettent : *a*) d'assurer le parallélisme rigoureux des plans d'oscillation du pendule et de la feuille de papier ; *b*) d'assurer le contact de la pointe du stylet avec la feuille de papier par effet

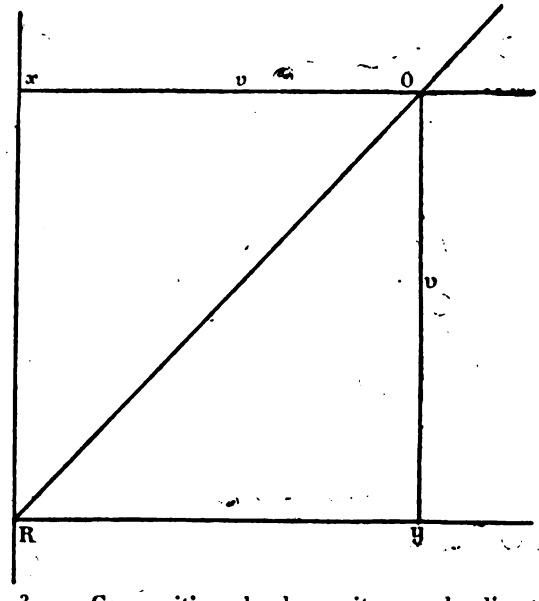


Fig. 3. — Composition de deux vitesses de directions rectangulaires et de rapport constant $\frac{1}{1}$.

capillaire de l'encre, liaison liquide sans frottements.

Pour compléter la description de l'appareil, ajoutons :

1° Un mouvement d'horlogerie avec ailettes régulatrices de Foucault qui nous servira à obtenir un second mouvement uniforme ;

2° Un petit chariot porte-stylet mobile dans un plan parallèle à la feuille (fig. 2) ;

3° Un ensemble de deux plateaux manivelles que nous étudierons spécialement plus loin.

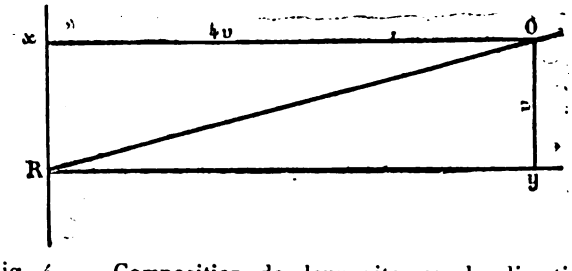


Fig. 4. — Composition de deux vitesses de directions rectangulaires et de rapport constant $\frac{1}{4}$.

Expériences. — Nous l'avons dit, cet appareil a été conçu spécialement pour l'étude des mouvements

(1) Toutes les figures qui sont données dans la suite sont les courbes mêmes tracées par le stylet, sans aucune retouche.

Digitized by Google

périodiques. Il a dépassé son but et, bien que certaines applications soient du domaine de la mécanique, on nous permettra de les signaler en passant dans la revue qui suit :

1. RÈGLE DE LA COMPOSITION DES VECTEURS — Les vitesses se représentent par des vecteurs ; leur direction

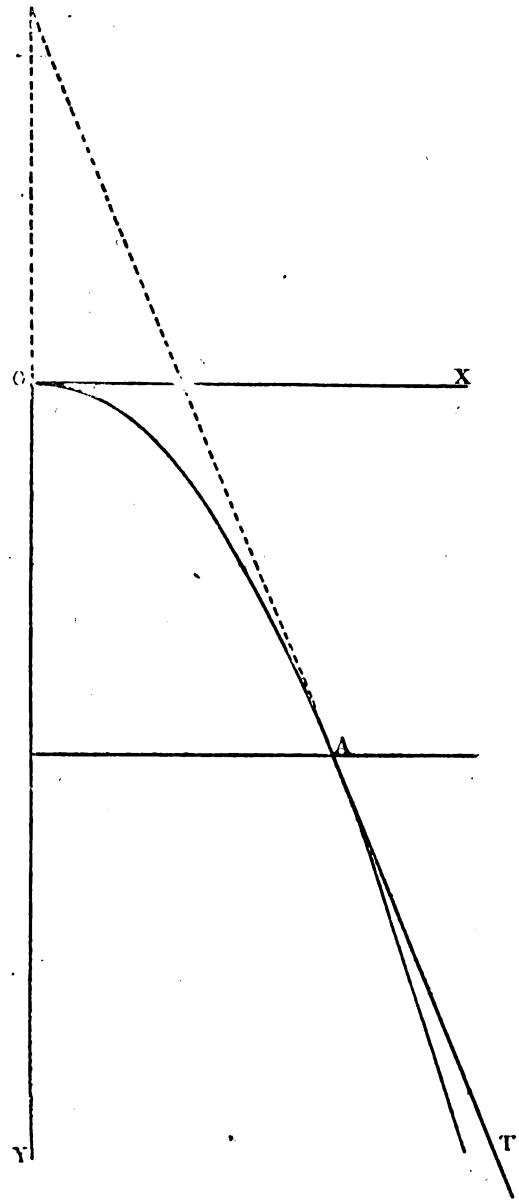


Fig. 5. — Tracé par l'appareil du mouvement résultant d'un mouvement uniforme suivant OX, d'un mouvement uniformément accéléré suivant O Y et obtention du vecteur vitesse A T à un instant donné.

joue le même rôle que la phase dans la représentation de Fresnel. Avant l'abstrait, faisons appel au concret pour familiariser les élèves avec la notion de vecteurs. Proposons-nous de combiner deux vitesses constantes de

Proportionnalité des forces aux accélérations.

Fig. 6.

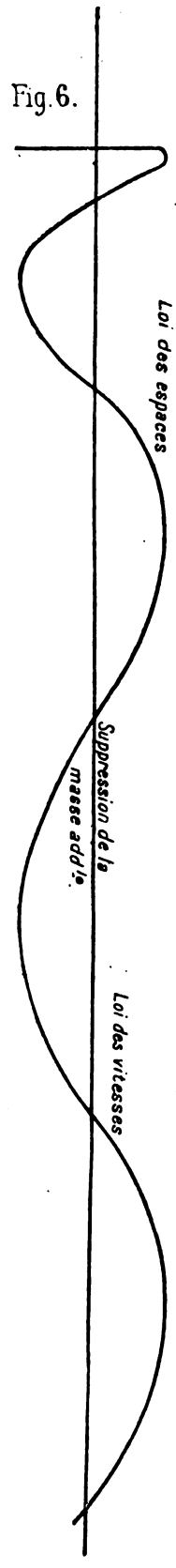


Fig. 7.

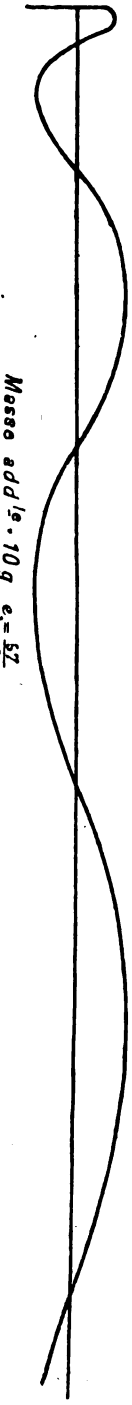
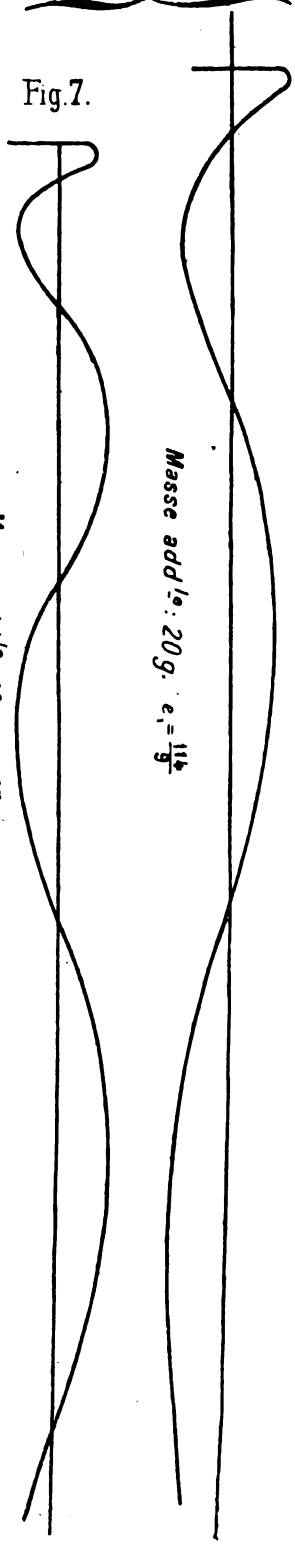


Fig. 7bis



Digitized by Google

directions rectangulaires : l'une sera celle de la feuille de papier qui se défile verticalement ; l'autre, celle du petit chariot qui se meut horizontalement. Les deux mouvements peuvent être pris sur l'arbre du régulateur d'horlogerie par l'intermédiaire de poulies étagées donnant différents rapports de vitesse. Mettons d'abord le chariot seul en mouvement, nous obtenons la ligne O x, direction de l'un des vecteurs vitesses; puis la feuille seule, nous obtenons O y, direction de l'autre vecteur; enfin, grâce à des repères, revenons l'origine O et mettons feuille et chariot en mouvement, le stylet trace O R, direction du vecteur résultant (fig. 3 et 4).

Ces figures, tracées par l'appareil dans une expérience, illustrent la règle bien connue du parallélogramme.

Remarquons, en passant, que l'appareil enregistrant à la fois les espaces et les temps, permet de mesurer les vitesses en valeur absolue.

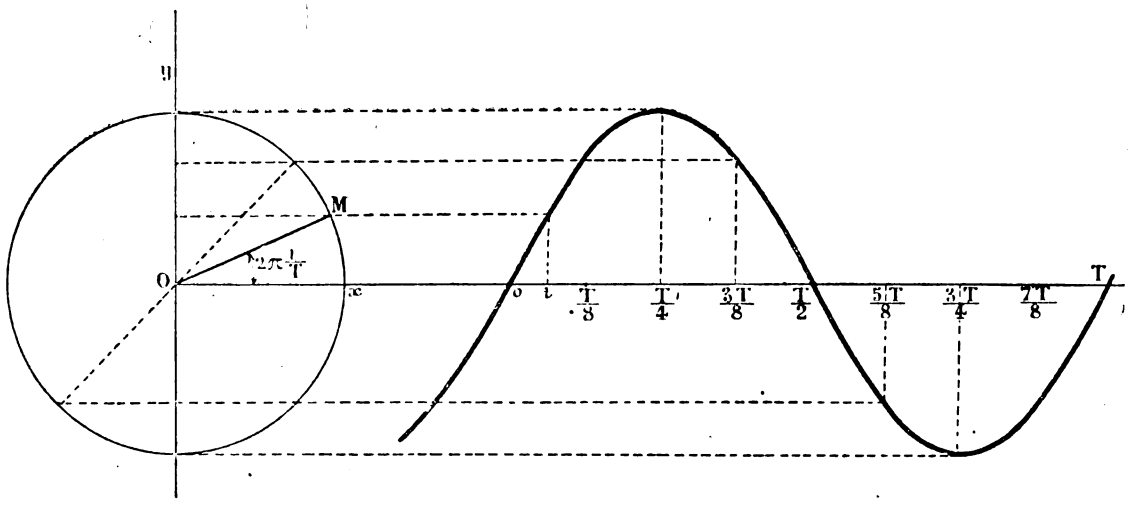


Fig. 8. — Représentation cinématique de Fresnel tirée du graphique expérimental.

2. Obtention du vecteur vitesse a un instant donné. — L'expérience précédente nous montre la composition de deux mouvements uniformes. Laissons au chariot son mouvement uniforme et donnons à la feuille un mouvement uniformément accéléré en l'entraînant par la chute de la masse additionnelle de la machine d'Atwood: l'appareil fonctionne en Morin dans des conditions de précision remarquable ; mais ce n'est pas tout: supprimons à un instant donné la masse additionnelle, le mouvement devient uniforme, le stylet « prend la tangente » (fig. 5). Cette démonstration expérimentale du fait que la vitesse, à un instant déterminé, est donnée, en direction, par la tangente à la courbe, la constatation d'un tracé d'une correction telle que la propriété de la sous-tangente à la parabole est vérifiée, ont vivement intéressé tous ceux qui ont vu se réaliser cette belle expérience.

3. Vérification expérimentale des principes fondamentaux de la dynamique. — Il faudrait une notice spéciale pour montrer tout ce que l'on peut tirer de l'appareil fonctionnant en Atwood avec l'inscription simultanée des espaces et des temps. Les légendes des figures 6, 7 et 7 *bis* donneront une idée de ce que l'on peut obtenir.

4. Études de mouvements périodiques. — a). *Représentation de Fresnel. Réalisation d'un mouvement périodique simple.* — Le pendule nous fournit le moyen le plus simple d'obtenir ce mouvement. Laissons encore une fois au chariot porte-stylet son mouvement uniforme. Fixons à l'extrémité du pendule un fil avec contrepoids que nous passerons sur la poulie de la machine d'Atwood.

Le pendule oscillant, la feuille aura également un mouvement oscillatoire. Le stylet va donc décrire une sinusoïde (fig. 8). On le voit, la courbe a été obtenue avec une netteté et une précision suffisantes pour que la

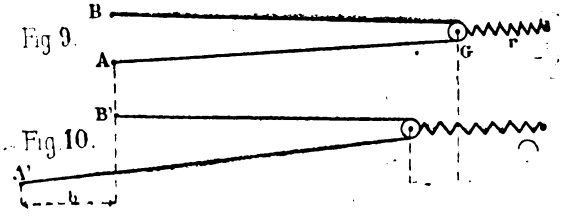


Fig 9.

Fig 10.

représentation de Fresnel s'en déduise sans l'aide d'aucune considération analytique. Notre point de départ est assuré. Les élongations sont à chaque instant proportionnelles au sinus de l'angle $2\pi \frac{t}{T}$ décrit au bout du temps t, avec la vitesse angulaire $\omega = \frac{2\pi}{T}$, par le vecteur O M couché suivant Ox à l'origine du temps et représentées en grandeur et signe par la projection de

Digitized by Google

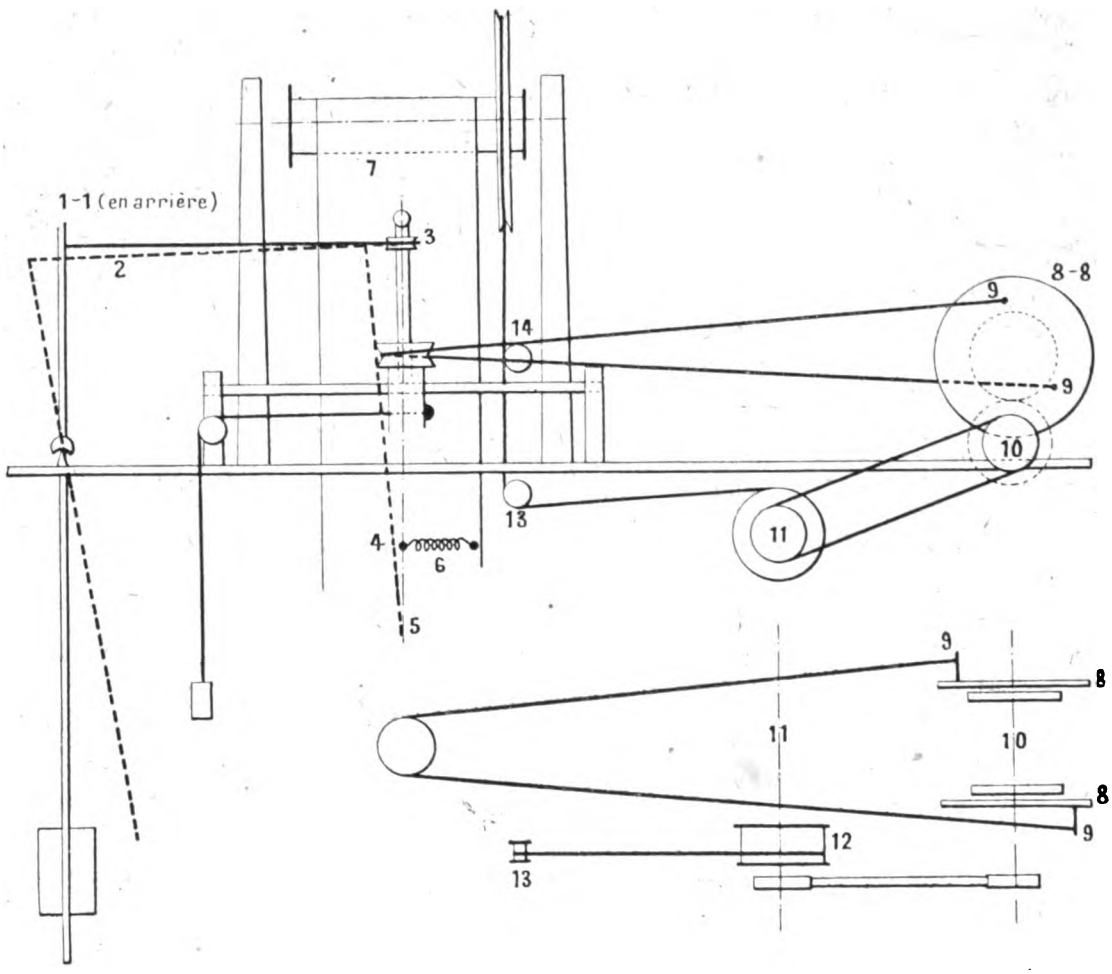


Fig. 11 — Schéma des dispositifs pour l'étude de la composition de deux mouvements sinusoïdaux :

1° *Deux mouvements de même direction. Etude qualitative.* — 2 pendules 1 et 1' oscillent dans des plans parallèles au plan du papier. Un fil fixé au premier pendule passe sur la poulie 3 fixée à l'extrémité d'une longue tige 4, mobile autour de l'axe 5 et tendue légèrement par un ressort antagoniste 6. Le fil revient se fixer à l'extrémité de l'autre pendule. Les diverses fréquences sont obtenues par déplacement des masses pendulaires. Le papier se déroule uniformément par le mouvement d'horlogerie.

2° *Deux mouvements de directions rectangulaires. Etude qualitative.* — Le premier pendule oscille dans un plan parallèle au plan du papier. Les deux extrémités du fil sont fixées au pendule, la boucle passant sur la poulie 3. Le deuxième pendule oscille dans un plan perpendiculaire au plan du papier (celui de la grande poulie). Un deuxième fil est attaché à ce pendule, passe dans la gorge de la grande poulie et se trouve tendu par un léger contrepoids. Le papier prend alors un mouvement sinusoïdal. On peut obtenir une amplitude 4 fois plus grande en passant le fil sur le tambour.

3° *Deux mouvements de même direction. Etude quantitative.* — Deux plateaux 8-8 tournant d'un mouvement uniforme portent chacun un bouton manivelle 9-9. La projection d'un bouton sur l'axe horizontal est animée d'un mouvement sinusoïdal. On transmet ce mouvement pour l'un des deux plateaux au moyen d'un fil attaché au bouton, passant sur le galet du curseur porte-stylet et revenant se fixer soit au bouton, soit au point fixe, selon que l'on veut obtenir l'amplitude entière ou l'amplitude demie. Les deux extrémités étant fixées aux deux boutons et le fil passant sur le galet du curseur, celui-ci donne à chaque instant la somme algébrique des déplacements des projections des boutons. Quant au mouvement du papier, il est obtenu en enroulant un autre fil sur une poulie 12 fixée sur l'arbre 11 du mouvement d'horlogerie. Par l'intermédiaire du renvoi 13, le fil passe dans la gorge de la grande ou de la petite poulie et se trouve tendu par un petit contrepoids. Les décalages et les amplitudes sont obtenus par déplacements respectifs des boutons sur une circonférence ou sur un rayon. Les vitesses relatives des deux plateaux sont obtenues en montant ces plateaux fous sur l'arbre commun et en les commandant par des engrenages convenables fixés sur l'arbre 10. Cet arbre est mû par le mouvement d'horlogerie 11, par l'intermédiaire d'une chaîne Galle. Il n'y a pas de glissement: donc pas de décalage accidentel. Tous les organes étant solidaires, l'expérience montre bien que les variations de vitesse sont de nul effet.

4° *Deux mouvements de directions rectangulaires. Etude quantitative.* — Le plateau *avant* commande le curseur comme précédemment. Pour donner au papier un mouvement vertical sinusoïdal, on fixe un fil au bouton du plateau arrière. Ce fil passe sur le renvoi 14, puis dans la gorge de la grande ou de la petite poulie. Il est tendu par un contrepoids. Les décalages et les amplitudes sont obtenus comme précédemment.

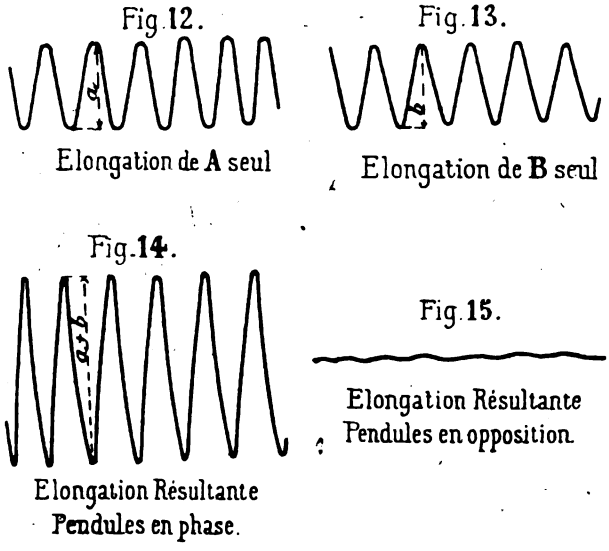
Les rapports de vitesses peuvent être quelconques. On a choisi dans le montage les rapports $\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{29}{30}$ afin d'obtenir directement en courbes de Lissajous l'unisson, l'octave et la quinte.

Le rapport $\frac{29}{30}$ permet d'obtenir des fréquences très voisines.

Digitized by Google

O M sur le diamètre Oy de la circonférence décrite avec l'amplitude pour rayon.

b) *Superposition de deux mouvements périodiques de même période, mais de phases et amplitudes quelconques. Règle de Fresnel.* — Si l'on veut se borner à une étude purement qualitative des phénomènes, on pourra commander le stylet inscripteur comme suit : fixons encore un fil à la tige d'un pendule en A, passons ce fil sur le galet G et attachons-en l'autre extrémité libre à un



point fixe B, tendons le tout par un léger ressort r (fig. 9).

Il est aisé de voir que, lorsque le point A se déplacera de l, l'axe du galet se déplacera de $\frac{l}{2}$ (fig. 10).

L'élongation de l'axe de la poulie sera, à l'échelle 1/2, l'élongation même du point A.

Rien ne serait changé à notre raisonnement si A était fixe et B solidaire de la tige du pendule.

Il est donc clair que lorsque A et B seront tous deux respectivement solidaires d'un pendule, l'élongation de

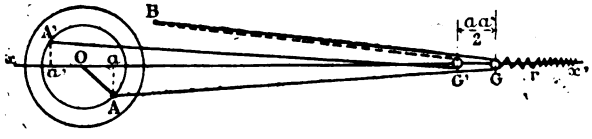


Fig. 16.

l'axe de la poulie représentera, toujours à l'échelle 1/2, la somme algébrique des élongations de A et B.

Il suffira de rendre le stylet solidaire de l'axe du galet pour obtenir à volonté, soit l'élongation de A seul (point B fixe), soit l'élongation de B seul (point A fixe), soit enfin l'élongation résultante en rattachant A et B aux tiges de leurs pendules respectifs réglés au synchronisme mais d'amplitude et de phase quelconques (fig. 11).

En donnant à la feuille de papier un mouvement uniforme, on obtiendra ainsi les courbes (fig. 12 à 15) sur lesquelles se lit l'effet de la superposition de deux mouvements vibratoires.

Ce dispositif se prête difficilement aux mesures quan-

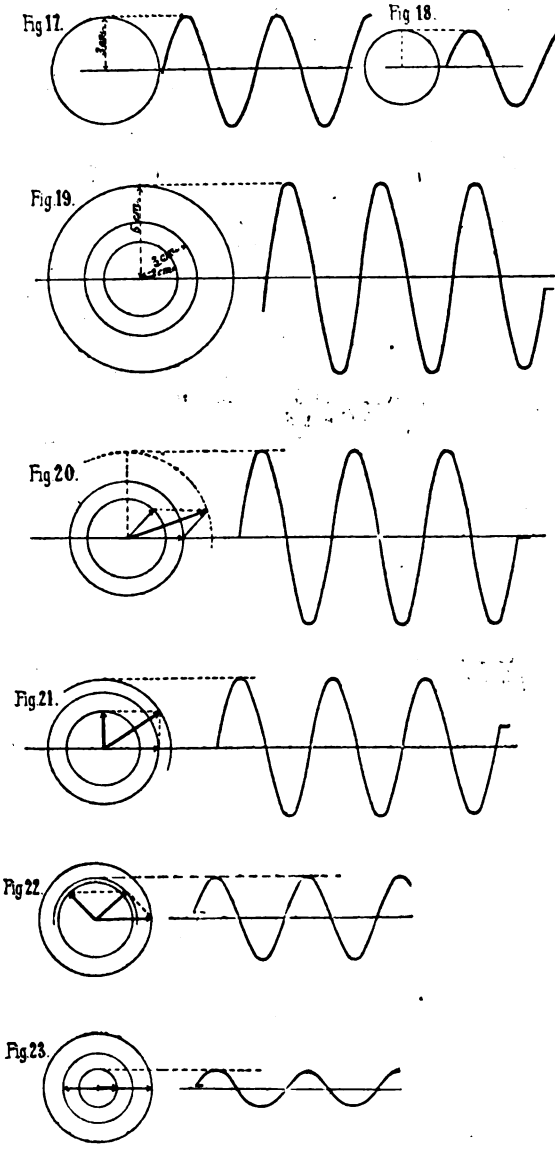


Fig. 17. Sinusoïde A. — Fig. 18. Sinusoïde B. — Fig. 19. Résultante de A et B : en phase. — Fig. 20. Résultante de A et B : décalage, 45°. — Fig. 21. Résultante de A et B : décalage 90°. — Fig. 22. Résultante de A et B : décalage 135°. — Fig. 23. Résultante de A et B : décalage 180°.

titatives qui nous sont ici nécessaires. La règle de Fresnel suppose en effet connus l'amplitude et le déphasage des mouvements composants. Si nous voulons l'établir expérimentalement, il faudra pouvoir mesurer en outre l'amplitude du mouvement résultant donnée, d'autre part, géométriquement, par la construction du parallélogramme.

Digitized by Google

M. Gueugnon a eu l'idée de remplacer les deux pendules par le dispositif qui utilise précisément la représentation cinématique de la sinusoïde.

Considérons un point A appartenant à un plateau manivelle (fig. 16). Lorsque le plateau tourne d'un mouvement uniforme, la projection a de ce point A, sur un axe xox', est animée d'un mouvement sinusoïdal : l'élongation et la phase de ce mouvement sinusoïdal dépendent évidemment de la position initiale du point A.

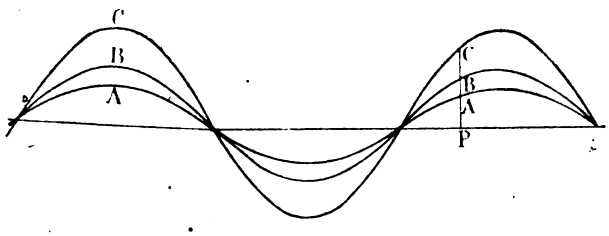


Fig. 24. — Les sinusoïdes A et B de même période, d'élongations respectives 2 et 3 cm sont obtenues successivement. La résultante C est donnée par l'appareil. A chaque instant PC = PA + PB.

Si G est encore l'axe d'un galet sur lequel passe comme précédemment un fil dont les extrémités sont fixées, d'une part en A, d'autre part en B, et si la longueur GA est suffisamment grande par rapport à OA, on pourra dire que le déplacement du galet suivant xox' reproduit, à l'échelle 1/2, le mouvement alternatif du point A ou, ce qui revient au même, celui de sa projection a.

Si B au lieu d'être un point fixe est un second bouton de manivelle, il devient encore évident que l'élongation du galet sera, à chaque instant, la somme algébrique des élongations de A et B, lesquelles peuvent être confondues avec celles de leurs projections a, b.

Les deux plateaux manivelles sont solidaires du même arbre, relié par chaîne Galle à l'arbre moteur du mouvement d'horlogerie (fig. 11).

En déplaçant l'un des boutons manivelles suivant un rayon nous ferons varier l'amplitude. En le déplaçant suivant une circonférence nous obtiendrons toutes les phases et par conséquent tous les décalages.

Les figures 17 à 23 montrent avec quelle précision et avec quelles variétés de cas s'établit la règle fondamentale de la représentation de Fresnel.

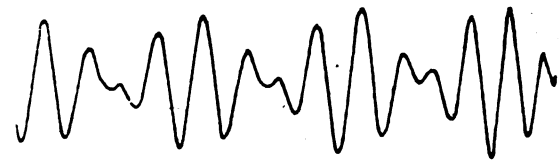


Fig. 25. — Superposition de deux mouvements de périodes très différentes.

L'appareil se prête également à la vérification géométrique du résultat fourni par la règle de composition des vecteurs (fig. 24).

c) *Superposition de deux mouvements périodiques, de période, d'amplitude et de phase quelconques :*

L'asynchronisme des deux pendules s'obtiendra en déplaçant l'une de leurs deux masses.

Avec les deux plateaux manivelles, il suffira de rendre l'un d'eux fou sur l'arbre commun et de le commander

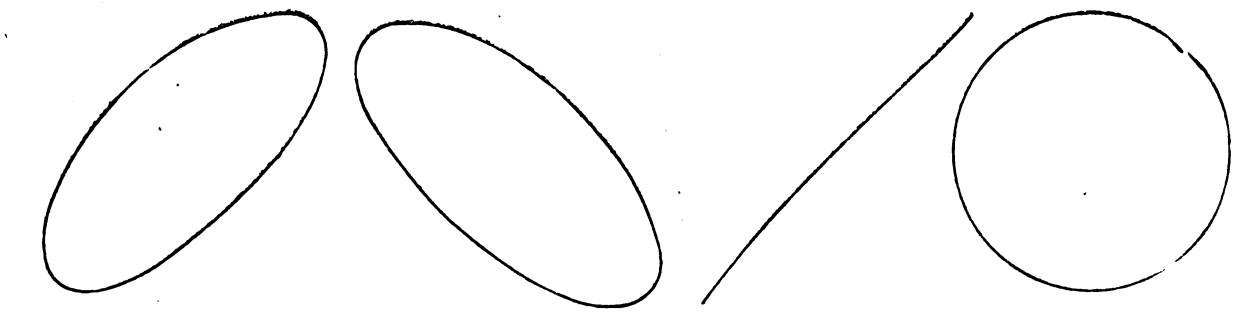


Fig. 26. Ellipse dextrorsum (décalage $< \pi$). — Fig. 27. Ellipse sinistrorsum (décalage $> \pi$). — Fig. 28. Double droite (décalage $= \pi$). — Fig. 29. Cas du cercle (décalage $\frac{\pi}{2}$.)

avec l'autre par l'intermédiaire d'un train d'engrenage multipliant la vitesse dans un rapport donné. On a ainsi réalisé des intervalles d'octave et de quinte qui se prêtent facilement à la vérification des conclusions tirées de la représentation cinématique.

Un enseignement remarquable à déduire de l'examen des courbes ainsi obtenues par ces procédés est le suivant :

Si l'on examine les courbes de superposition de deux mouvements vibratoires dont les périodes sont très différentes, on remarque des accidents très accusés (fig. 25).

Au contraire, lorsque les périodes sont très voisines, ces accidents disparaissent, il y a comme des paliers dans les maxima et les minima d'amplitude, on comprend mieux ainsi, que, dès l'instant où deux alternateurs approchent du synchronisme, les périodes d'éclairement ou d'extinction de leurs lampes de phase possèdent une certaine stabilité et qu'une large marge est ainsi permise pour l'instant d'accrochage.

Digitized by Google

d) Composition de deux mouvements périodiques rectangulaires de même période, mais à amplitudes et phases quelconques. — Ces deux mouvements sont encore réalisés à l'aide des plateaux manivelles, mais dans ce cas l'un des mouvements alternatifs est communiqué à l'axe du galet stylet, relié au bouton A, l'autre à la poulie de la machine d'Atwood, comme il a déjà été dit en 4°) *a*), par l'intermédiaire d'un fil, avec contrepoids, relié au bouton B (voir la légende de la figure 11).

Le stylet oscille ainsi suivant une horizontale, l'axe de la feuille de papier suivant une verticale.

Nous allons ici suivre pas à pas les résultats d'une analyse mathématique déjà délicate.

α) Les amplitudes a, b des deux mouvements vibratoires sont différentes et leur différence de phase est φ.

On obtient alors une ellipse encadrée dans le rectangle construit sur $2a$, $2b$. L'ellipse sera décrite dans le sens droit ou gauche suivant que φ sera inférieur ou supérieur à π (fig. 26 et 27).

β) Les amplitudes a et b sont quelconques, le décalage est π, l'ellipse se réduit à une double droite que le stylet décrira sous nos yeux repassant vingt fois sur le même trait (fig. 28).

γ) Les amplitudes a et b sont égales, le décalage est $\frac{\pi}{2}$.

Il faut nous arrêter ici sur cette expérience, l'une des plus belles qu'on puisse réaliser avec l'appareil.

Nous nous trouvons, en effet, en face d'un cas d'une importance capitale dans la pratique : celui de la composition de deux champs alternatifs rectangulaires de même amplitude décalés de $\frac{\pi}{2}$; c'est-à-dire du problème fondamental des champs tournants. Et c'est vraiment, même chez les plus avertis, avec une sorte de joie scientifique, qu'on voit le stylet décrire le cercle de la figure 29 d'un mouvement uniforme, tandis que stylet et feuille de papier se balancent dans l'espace.

Si le décalage est de $\frac{3\pi}{2}$ nous obtenons de nouveau un cercle, mais, conformément aux prévisions fournies par l'analyse mathématique, il sera décrit en sens inverse du précédent.

ε) Composition de deux mouvements périodiques rectangulaires de périodes, amplitudes et phases quelconques. — C'est le cas des mouvements résultants complexes mis pour la première fois en évidence par Lissajous.

L'asynchronisme des deux mouvements sera obtenu par l'un des procédés déjà décrits (*c*, 2°).

La figure 30 représente à titre de simple exemple l'une des courbes classiques de l'intervalle de quinte,

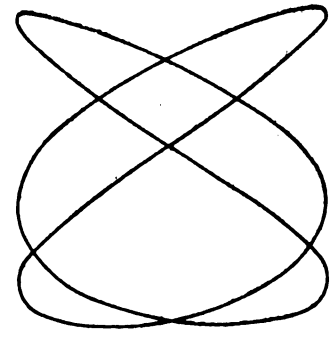


Fig. 30. — Composition de vibrations rectangulaires de périodes 2 et 3.

obtenu, comme il a été dit, avec les plateaux manivelles.

Telles sont les applications principales de ce remarquable appareil. Nous avons, à dessein, passé sous silence ou simplement mentionné certaines applications à la mécanique que nous décrirons ailleurs, mais, même limité à l'objet pour lequel il a été conçu, savoir : donner une base expérimentale solide à l'étude des fonctions périodiques, il pourra rendre de grands services à tous les degrés de l'enseignement. Dans l'enseignement supérieur, il permettra de vérifier les résultats de l'analyse mathématique; dans l'enseignement moyen et élémentaire, il servira à les établir et par là à faire bénéficier l'étude des courants alternatifs du puissant moyen d'investigation qu'est la représentation vectorielle.

Du reste, M. Gueugnon l'a dès maintenant complété par des appareils où les fonctions sinusoïdales étudiées sont réellement des courants alternatifs liés à des mouvements pendulaires. Ces dispositifs mettent en évidence des faits capitaux, parmi lesquels la résonance. Ils seront l'objet d'une prochaine étude.

A. POUCHOLLE,
Professeur de Physique à l'École nationale d'Arts et Métiers et à l'École normale de l'Enseignement technique.

Revues, analyses et informations

La rigidité diélectrique apparente de la toile vernissée (1).

En décembre 1913, F.-M. Farmer avait fait connaître à l'American Institute of Electrical Engineers les résultats des essais qu'il avait effectués sur « la rigidité diélectrique des matériaux isolants sous faible épaisseur ». Ce travail est analysé dans « La Revue électrique » du 17 avril 1914, t. XXI, p. 401; en s'y reportant, on constatera que des feuilles minces de toile vernissée, d'huile et d'air présentent des anomalies au point de vue de leur tension de disrupture quand elles sont pressées entre des disques de

(1) Communication de la Research Division, Electrical Engineering Department, Massachusetts Institute of Technology; R.-J. WISEMAN. *Journal of the Franklin Institute*, janvier 1918, t. CLXXXV, p. 143-146.

Digitized by Google

diamètres variables : la rigidité diélectrique apparente décroît, dans la proportion de 13,4 pour 100, quand le diamètre augmente de 1,1 cm à 5,1 cm.

La discussion qui s'est greffée sur cette communication a fait surgir la théorie, pour le moins simpliste, du « point faible » pour expliquer ces bizarreries. Cette théorie consiste à admettre qu'une électrode a d'autant plus de chances de recouvrir un défaut qu'elle est plus large ; d'où diminution apparente de la tension de disrupture. Cependant, les pellicules d'huile, l'air et, en général, tous les milieux fluides qui semblent pourtant à peu près affranchis de ces points faibles perdent aussi de leur rigidité dans les mêmes conditions.

Une contribution nouvelle vient d'être apportée à cette intéressante question par R.-J. Wiseman, à l'instigation de l'American Telephone and Telegraph Company. Cet auteur a essayé un grand nombre de dispositifs électriques et mécaniques et, finalement, il n'a rien trouvé de mieux approprié à ces expériences que de poser une toile vernissée bien à plat sur un disque métallique horizontal d'environ 10 cm de diamètre et de la recouvrir de la deuxième électrode, exactement centrée sur l'électrode inférieure. La tension de disrupture était fournie par un alternateur à onde sinusoïdale et un transformateur élévateur de 10 kv-a. On réglait la tension du primaire ou du côté basse tension en agissant sur l'excitation de l'alternateur et de telle façon que la tension appliquée augmentât de 1 000 v à chaque seconde. Les électrodes étaient connectées directement aux bornes secondaires au moyen de fils courts. Un voltmètre étalonné et inséré entre les bornes d'un troisième enroulement du transformateur indiquait la tension de claquage.

On a trouvé que, lorsque l'électrode supérieure était constituée par un disque unique, la tension de disrupture s'abaissait de 13,3 pour 100, quand la surface de ce disque passait de 1,1 cm² à 18 cm². Mais quand cette électrode supérieure était formée de plusieurs disques séparés ayant chacun 1,13 cm² de superficie et reliés chacun à une borne commune par un fil fin et droit, de 40 cm de longueur, la tension de disrupture ne baissait plus que de 1 pour 100, si le nombre des disques variait de 1 à 16, avec une surface active correspondante de 1,1 cm² à 18,1 cm².

Il était donc bien évident que la diminution apparente de la rigidité diélectrique avec la grandeur des électrodes circulaires ne dépendait pas de la surface active d'électrode, mais bien de la position relative des électrodes l'une par rapport à l'autre. Ces essais ont été ultérieurement corroborés par d'autres expérimentateurs et avec d'autres appareils aux Electrical Testing Laboratories, de New-York.

On a encore constaté que, si les disques multiples sont serrés dans une bague en cuivre, l'abaissement de la tension de disrupture correspondant à une augmentation active de 1,1 cm² à 18,1 cm² est environ 15,4 pour 100 et même plus qu'avec le disque unique.

Mais, si les disques multiples sont serrés dans une bague en ébonite et réunis ensemble par des fils de cuivre gros et courts juste à la hauteur de l'ébonite, l'abaissement est de 10,8 pour 100 et seulement 5,8 pour 100, si les connexions sont faites avec des fils droits et fins, de 40 cm de longueur et aboutissant à une borne commune.

M. Farmer lui-même a pu contrôler ces résultats dans les laboratoires de New-York, sans arriver à donner une explication satisfaisante de toutes ces anomalies.

L'auteur, cependant, n'est pas éloigné de croire que des oscillations électriques de très haute fréquence se superposent à l'onde de tension qui, dans tous les essais, avait une fréquence de 60 p : sec. Il n'est pas impossible que, lorsqu'une force électromotrice alternative à très haut potentiel est appliquée aux deux électrodes circulaires formant condensateur avec la toile interposée, des perturbations à haute fréquence se produisent entre les différentes parties du condensateur jouant le rôle de système oscillant. S'il en est ainsi, les bulles d'air comprises entre la toile vernissée et l'une ou l'autre électrode seront ionisées et les ions vont soumettre le diélectrique à un bombardement destructeur analogue à celui signalé par Ryan et d'autres expérimentateurs. Vient-on à augmenter les dimensions de ces électrodes circulaires, la fréquence des oscillations libres parasites sera diminuée, mais leur amplitude et leur énergie augmenteront. Si les électrodes sont subdivisées en éléments réunis entre eux par des fils longs et fins, les oscillations sont amorties et étouffées. Cependant, d'autres expériences sont encore nécessaires pour confirmer cette théorie.

B. C.

Nature des vibrations entretenues par une force périodique (1).

Les expériences relatées par les auteurs sont remarquables en ce que le corps excité ne prend jamais ou ne conserve pas la vibration forcée du champ excitateur. Les premiers essais ont porté sur le mouvement vibratoire qui anime l'armature au repos d'un moteur synchrone à attraction quand elle est soumise à l'action d'un courant intermittent ; ses vibrations ne sont pas à l'unisson de la vibration forcée, mais ont une fréquence qui est $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{6}$ de la fréquence de cette dernière.

La deuxième série d'expériences se rapporte aux vibrations d'un fil d'acier de 2 m de longueur tendu verticalement par un poids réglable et attaqué normalement par un électro-aimant en certains points choisis. L'enroulement excitateur est alimenté par le courant intermittent d'un interrupteur à diapason dont la fréquence est de 60 p : sec ; le fil prend lui-même cette fréquence si la tension est réglée à la résonance ; mais si la tension est telle que le fil se subdivise en deux, trois ou plus de concamérations, la vibration forcée est instable ; les nœuds peu à peu entrent en vibration et leur distribution correspond à une fréquence sous-multiple de la fréquence du diapason. Dans le cas, par exemple, où la corde s'est partagée d'abord en deux segments et vibre à l'unisson du diapason, le centre qui est un nœud se met à vibrer progressivement, et, finalement, la fréquence tombe à 30 p : sec, puis à 20 p : sec, si, à l'origine, il y avait 3 concamérations. Le degré d'instabilité dépend de la position de l'électro, de sa distance au fil et de l'intensité du courant intermittent. Il faut plusieurs minutes, généralement, pour faire passer un nœud de l'état de repos à l'état de mouvement, ce qui permet d'enregistrer à la fois les vibrations de la corde et celles du diapason.

Les résultats obtenus par les auteurs sont consignés sur une planche qui accompagne l'article. Ces particularités résultent de la non-uniformité et de la variation périodique du champ, comme le démontre la théorie du phénomène exposée par les auteurs.

B. C.

(1) C.-V. Raman et Ashutosh Dey. *Philosophical Magazine*, août 1917, 6e série, t. XXXIV, p. 129-137, 1 planche.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Les électro-aimants de levage

Dans cet article, on a passé en revue tout d'abord les différents cas qui se présentent dans la pratique de la manutention des matériaux d'usine. La constitution des électro-aimants répondant à ces desiderata a été indiquée et l'attention a été attirée sur les points particuliers que nécessite la construction de ces engins modernes.

La manutention intense nécessitée par la fabrication des projectiles de tous calibres a mis à l'ordre du jour l'étude et la réalisation d'appareils permettant de pousser à son extrême limite la bonne utilisation de la main-d'œuvre. Il faut aujourd'hui que le mécanisme se substitue, partout où cela est possible, au travail de l'homme pour réserver celui-ci aux opérations demandant de l'intelligence et de la décision; c'est dire que le manœuvre doit peu à peu disparaître et que toute usine ou toute exploitation soucieuse de son intérêt et de l'avenir doit intensifier ses moyens mécaniques de transport et en tirer le maximum de rendement.

Un grand pas a déjà été fait dans cette voie au cours de ces vingt dernières années, l'apparition des distributions d'énergie électrique a donné des facilités telles que les ponts roulants, les grues, portiques, transbordeurs, etc., qui, auparavant, n'étaient utilisés que là où une manutention intense de gros fardeaux en rendait l'emploi indispensable, se sont répandus à profusion, à tel point qu'aujourd'hui on rencontre

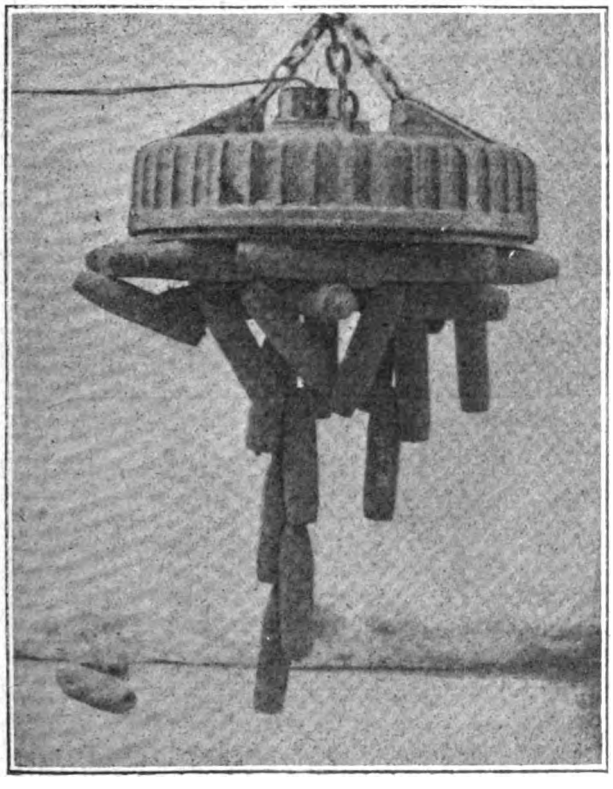


Fig. 1 — Électro-aimant circulaire pour déchets et objets divers.

Fig. 2. — Électro-aimant Couffinhal à doigts mobiles.

Digitized by Google

peu d'ateliers non pourvus d'appareils de ce genre.

Mais les difficultés d'amarrage, les risques courus par le personnel affecté à la manutention ont, dans une certaine mesure, limité l'utilisation des appareils de levage ; les parcs à fer, les halls de coulées des hauts fourneaux n'étaient pas bien souvent desservis d'une façon satisfaisante ; il manquait un moyen de prise des matériaux à transporter pour donner au système de manutention tout le rendement qu'on était en droit d'en attendre.

Une solution préconisée déjà depuis quelques années consiste à utiliser des électro-aimants puissants qui, suspendus aux crochets des ponts roulants ou des grues, happent pour ainsi dire toutes les pièces magnétiques mises à leur portée et ne les abandonnent que là où le pontonnier le désire. Cette solution qui, avant la guerre, n'était appliquée que timidement dans quelques usines métallurgiques, a reçu, ces deux dernières années, de nombreuses et importantes applications. Rien de plus naturel. L'électro-aimant présente, en effet, l'avantage considérable de supprimer complètement le personnel à terre ; le pontonnier peut, avec ces appareils, assurer à lui seul toutes les manutentions quand il s'agit, bien entendu, de métaux soumis à l'action magnétique. De plus, les électro-aimants dont la force portante peut être proportionnée à celle des appareils de levage, peuvent à chaque prise ou opération réunir une quantité importante de pièces disséminées et réduire ainsi le nombre d'opérations nécessitées par la manutention d'un tonnage fixe. Leur emploi déblayant les halls de tout personnel évite les accidents et permet de pousser à l'extrême l'intensité des manœuvres. En résumé, économie de personnel et augmentation considérable dans le rendement des appareils de levage.

Suivant la nature des pièces à manutentionner, suivant leur poids respectif, suivant encore leur profil et leurs dimensions, il y a intérêt à utiliser des électro-aimants de forme et de conception différentes.

Les cas qui se rencontrent plus fréquemment peuvent se présenter en quatre ou cinq catégories qui sont les suivantes :

1° Manutention de tournures, mitrailles ou déchets ;

2° Manutention de gueuses, blooms, lopins ou rondins ;

3° Manutention de profilés (carrés, fers en T, obus, etc.) ;

4° Manutention de tôles de toutes épaisseurs ;

5° Manutention de pièces en blocs (blindages, pièces moulées, etc.).

A chacune de ces catégories il convient d'adapter un modèle d'électro-aimant donnant, sous un poids et sous une dépense de courant aussi limités que possible, le maximum d'utilisation.

Il existe actuellement un assez grand nombre de constructeurs d'électro-aimants de levage pour toutes ces catégories, ce qui permet de dire que le problème est industriellement résolu ; nous passerons en revue dans ce qui va suivre quelques-uns des appareils actuellement en service en indiquant leurs caractéristiques.

Electro-aimants Couffinhal. — *Première catégorie.* — L'électro-aimant le mieux qualifié pour tournures, mitrailles ou déchets d'acier, fer ou fonte. est l'électro de forme circulaire à surface d'adhérence plane représenté par la gravure ci-contre (fig. 1). Les principales caractéristiques de ces électro-aimants sont données ci-après.

Tableau I. — *Electro-aimants de première catégorie.*

TYPE	POIDS EN KG	DIAMÈTRE EN MM	POIDS DE TOURNURES SOULEVÉ EN KG	POIDS DE MITRAILLES SOULEVÉ EN KG	CONSOMMATION EN WATTS
1. P.C.....	160	500	30 à 80	200 à 300	800
2. P.C.....	250	620	50 à 100	300 à 400	1 200
3. P.C.....	400	800	80 à 130	400 à 550	1 750
4. P.C.....	800	1 000	150 à 250	600 à 850	3 000
5. P.C.....	1 300	1 250	300 à 400	800 à 1 200	5 000
6. P.C.....	1 800	1 500	450 à 550	1 200 à 1 500	6 500

Deuxième catégorie. — La manutention des gueuses, blooms, lopins peut s'effectuer avec des électro-aimants à surface d'adhérence plane, mais on risque d'avoir assez souvent des chutes par suite d'insuffisance de prise de l'électro. Il vaut mieux, pour ce cas particulier, utiliser le type d'électro à doigts magnétiques mobiles qui a été spécialement étudié pour cet emploi. C'est dans ce but que MM. Couffinhal ont établi un système d'électro-aimant qui présente ce point particulier que le circuit magnétique est formé de doigts ou barrettes métalliques mobiles en hauteur et juxtaposées sur tout le pourtour des bobines de l'électro (fig. 2). Cette disposition permet à la surface de contact de tous les doigts réunis d'épouser la forme des pièces sur lesquelles ils viennent reposer et par suite de présenter le maximum possible de surface en contact, c'est-à-dire le maximum de prise. Il a, de plus, l'avantage d'éviter le roulement des pièces soulevées de section circulaire. Les principales caractéristiques de la série de ce genre d'électro-aimants sont les suivantes :

Digitized by Google

Tableau II. — *Electro-aimants de deuxième catégorie.*

TYPE	POIDS EN KG	POIDS DE TOURNURES SOULEVÉ EN KG	POIDS DE MITRAILLES SOULEVÉ EN KG	CONSOMMATION EN WATTS
1. M	560	200 à 300	300 à 500	1 200
2. M	740	300 à 400	400 à 600	1 500
3. M	930	400 à 500	500 à 700	1 750
4. M	1 160	550 à 650	700 à 900	2 500
5. M	1 450	650 à 800	900 à 1 200	3 500
6. M	1 850	800 à 1 000	1 000 à 1 400	15 000

Une mention spéciale doit être faite pour l'emploi de ces électro-aimants dans la manutention de lopins pour obus et aussi pour la manutention des obus en cours d'usinage ou même terminés (fig. 3).

Leur utilisation rend dans ce cas des services considérables et d'autant plus précieux que la main-d'œuvre bien souvent fait défaut pour les chargements ou déchargements de wagons, pour les classements réguliers dans les halls de distribution ou de vérification, on est

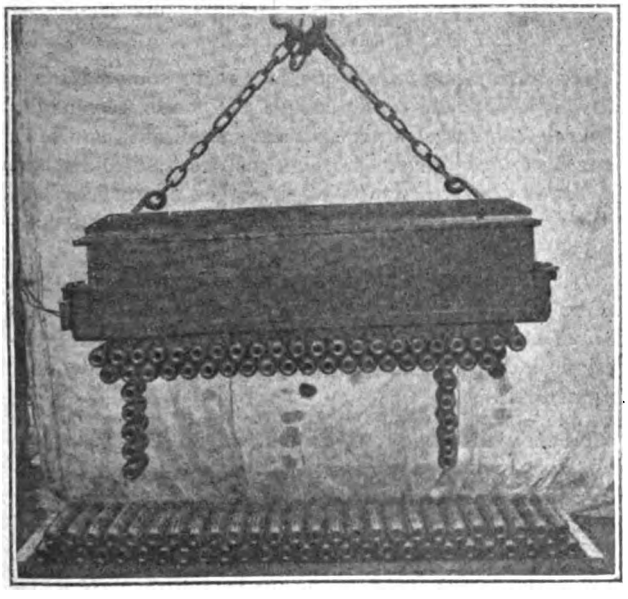


Fig. 3. — Électro-aimant Couffinhal employé à la manutention des obus.

arrivé à réaliser par ce moyen des économies de temps très appréciables en ce moment.

Troisième catégorie. — Profilés (carrés, fers en T, cornières, etc.). L'électro-aimant à surface d'adhérence plane mais de forme rectangulaire ou elliptique est tout indiqué dans ce cas, les parcs à fers trouvent une grosse économie dans la généralisation de l'emploi de ces électro-aimants.

Nous en donnons ci-après les caractéristiques, page 400.

Quatrième catégorie. — Ces mêmes électros accouplés deux à deux aux extrémités d'un même fléau conviennent tout spécialement pour la manutention des tôles de grande dimension, des feuillards ou des larges

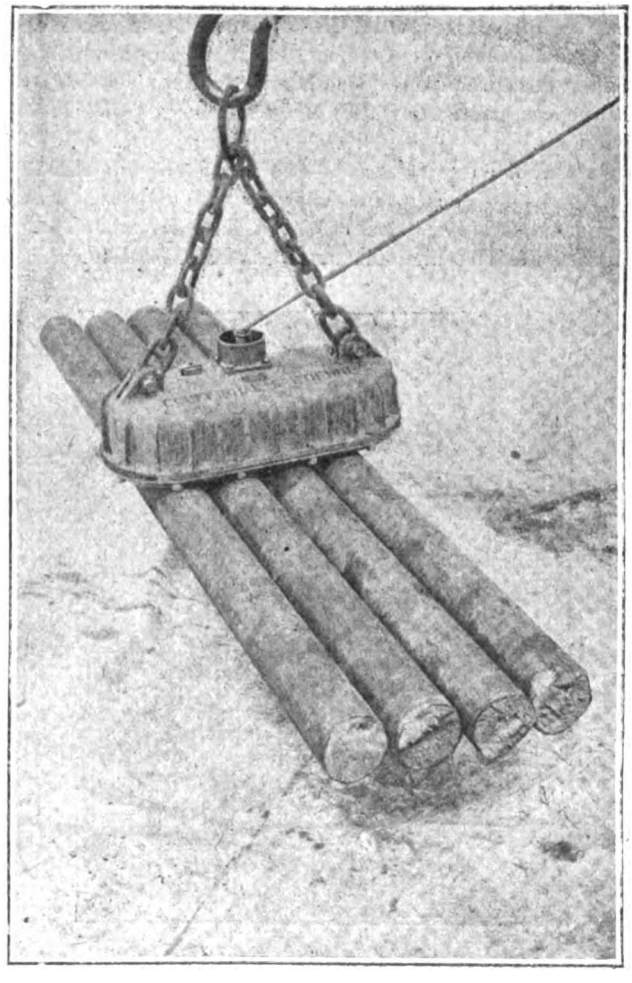


Fig. 4. — Électro-aimant Couffinhal pour parcs à fers.

plats; le type qu'il convient de recommander pour cette quatrième catégorie est le même que pour la précédente, c'est-à-dire le type elliptique à surface d'adhérence plane (fig. 4).

Digitized by Google

TABLEAU III. — *Electro-aimants de troisième catégorie.*

TYPES	POIDS EN KG	DIMENSIONS		POIDS DE MITRAILLES SOULEVÉ EN KG	CONSOMMATION EN WATTS
		longueur en mm	largeur en mm		
1. P.E	160	700	320	300 à 500	800
2. P.E	250	900	400	500 à 800	1 200
3. P.E	400	1 180	510	800 à 1 200	1 750
4. P.E	800	1 450	620	1 200 à 1 800	3 000
5. P.E	1 300	1 700	730	1 800 à 2 500	5 000
6. P.E	1 800	2 100	920	2 500 à 3 500	6 500

Cinquième catégorie. — Pièces en blocs (blindages, pièces moulées, etc.).

La manutention de grosses pièces magnétiques se fait avec autant et même plus de sécurité que celles de pièces divisées par petits volumes et petits poids; suivant la forme, le poids, les dimensions, le choix de l'électro à prévoir peut varier. Ici il est impossible de donner des précisions permettant de fixer les idées, chaque cas particulier doit être examiné et traité spécialement.

Quoi qu'il en soit, nous donnons ci-après un tableau des forces portantes que chaque type d'électro peut donner en supposant que celui-ci agisse sur un bloc en offrant à l'électro une surface de contact complète.

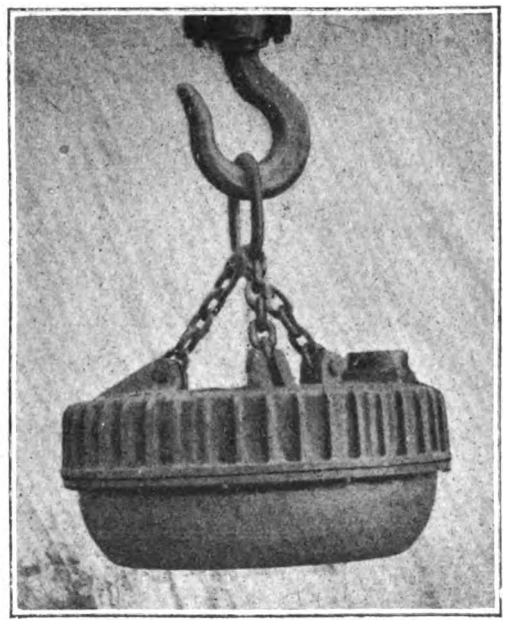


Fig. 5. — Électro-aimant Couffinhal pour pièces moulées.

Enfin, l'électro-aimant peut encore être utilisé pour des cas particuliers variés; nous citons la manutention des casse-fontes ovoïdes ou sphériques (voir fig. 5), le balayage magnétique des halls de coulée ou même des ateliers d'usinage pour l'enlèvement des copeaux.

TABLEAU IV. — *Electro-aimants de quatrième catégorie.*

TYPE		FORCE PORTANTE EN KG	TYPE	FORCE PORTANTE EN KG
1. P.C.	1. P.E.	1 200	1. M.....	1 300
2. P.C.	2. P.E.	2 000	2. M.....	2 000
3. P.C.	3. P.E.	4 000	3. M.....	3 000
4. P.C.	4. P.E.	8 000	4. M.....	4 500
5. P.C.	5 P.C.	13 500	5. M.....	7 500
6. P.C.	5. P.C.	20 000	6. M.....	10 000

Une autre application que la guerre sous-marine a fait surgir est celle du repêchage par fonds moyens des gueuses, blooms et autres masses métalliques coulées à proximité des ports. Dans ce cas, les électro-aimants employés sont construits avec toutes les précautions nécessaires pour abriter très efficacement les enroulements contre l'eau de mer et l'humidité.

Dans beaucoup d'autres cas, l'électro-aimant trouvera un emploi avantageux; l'expérience et la force des choses amèneront dans un avenir prochain une généralisation de ces appareils que l'on peut à peine soupçonner aujourd'hui.

Electro-aimants Allen West, de Brighton. — Ces constructeurs ont limité à deux leurs types d'électro-aimants, l'un de forme circulaire, l'autre de forme rectangulaire.

Le principe de la fabrication étant le même pour les deux types d'électro-aimants, une seule description suffira : celle du modèle circulaire, par exemple. Nous en donnerons les détails qui montreront nettement les difficultés qu'il s'agit de surmonter dans l'organisation d'appareils de ce genre. Les figures 6 et 7 donnent une idée de la construction générale qui se réduit aux pièces suivantes :

a) Carcasse en acier moulé;

b) Surfaces des pôles en acier moulé;

c) Bouclier de protection des enroulements non magnétiques en acier au manganèse;

d) Bobine d'excitation;

e) Boîte à bornes;

f) Fiche de contact et câble;

g) Chaînes de levage ou dispositif rigide de suspension.

Digitized by Google

a) La *carcasse* est construite en acier anglais, d'une composition choisie de façon à offrir les propriétés magnétiques les plus avantageuses. La courbe de magnétisation est représentée figure 8. Dans l'axe du pôle intérieur est pratiqué un trou qui a pour but de permettre la ventilation de la partie intérieure de la bobine d'excitation et autour du bord extérieur se trouve une série de nervures servant à loger les écrous et les têtes de boulons fixant les pièces polaires.

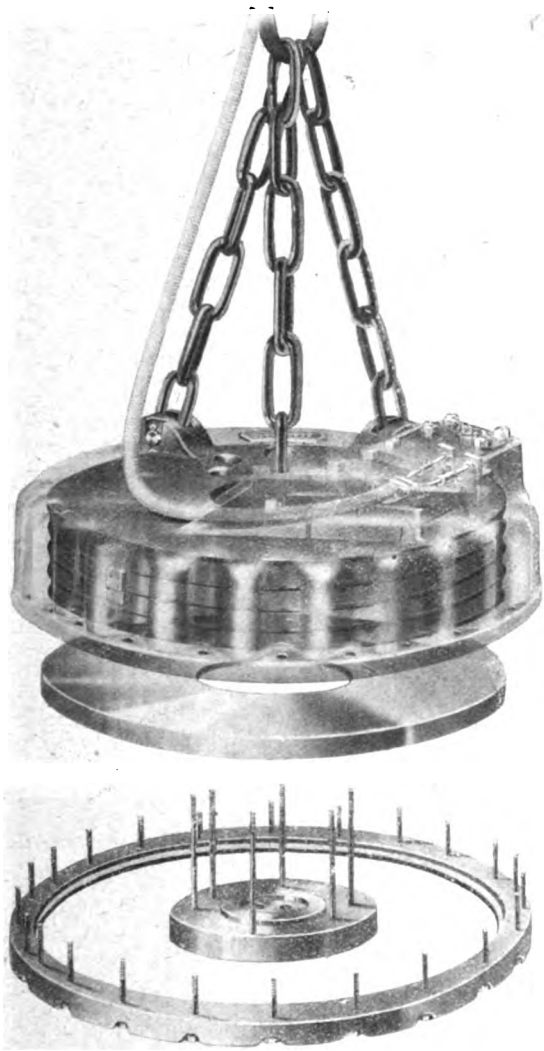


Fig. 6. — Électro-aimant Allen West, organisation générale.

b) Les *pièces polaires* sont en acier de qualité analogue à celui employé pour la carcasse et sont facilement démontables, de façon à pouvoir être remplacées après avoir été un temps considérable en service.

c) Le *bouclier de protection des enroulements* est une pièce indispensable de l'électro-aimant; il doit être établi en métal non magnétique et sa construction doit être des plus robustes, de façon à résister aux chocs violents qu'il est appelé à subir lorsqu'il entre brusquement en contact avec de la fonte en gueuse, des riblons, etc... C'est pour ces motifs qu'il est construit en acier au manganèse, par conséquent non magnétique et qu'il est considérablement renforcé.

Cette plaque se loge dans un emplacement pratiqué entre les deux pôles sur la partie centrale et circulaire, de sorte que le choc qu'il reçoit se trouve transmis à la carcasse en acier moulé et nullement au bobinage.

d) La *bobine d'excitation* est pour l'électro-aimant ce

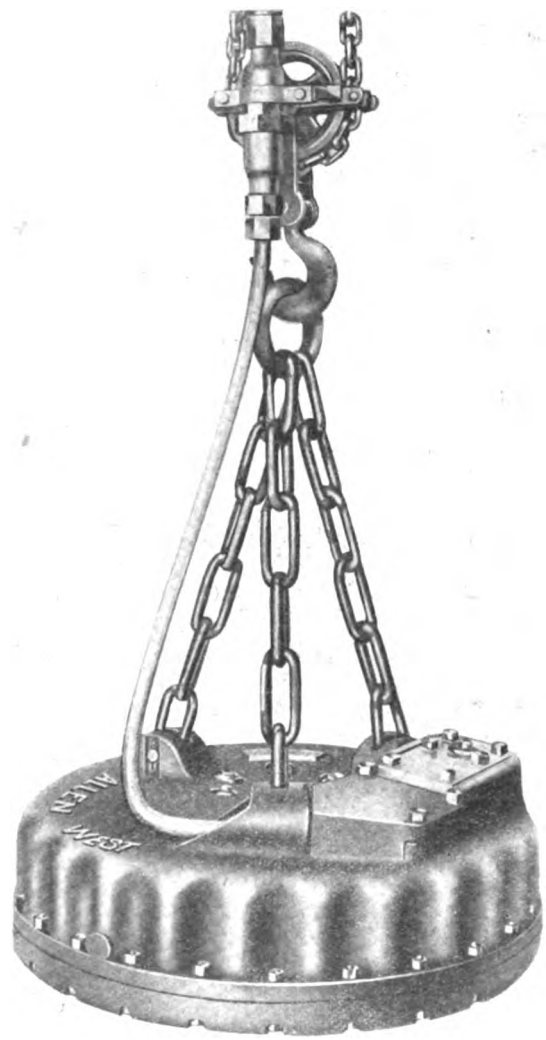


Fig. 7. — Électro-aimant Allen West à chaînes.

que le cœur est par rapport au corps humain et par conséquent elle exige une étude toute spéciale pour son établissement et le plus grand soin dans sa fabrication. Le bobinage se compose de quatre galettes reliées en série. Les points auxquels il convient d'apporter une attention particulière sont les suivants :

La fixation convenable de la bobine afin d'éviter tout jeu; l'impossibilité pour les galettes de se déplacer; l'élimination de toute chance d'infiltration d'humidité à

Digitized by Google

l'intérieur de la bobine et à travers les enroulements; enfin la suppression des poches d'air à l'intérieur de l'électro-aimant.

Pour maintenir le bobinage en place, les quatre galettes sont enroulées sur une bobine en acier isolée, chaque galette étant solidement ancrée au centre de la bobine et reliée à la suivante. Les bobines portant les enroulements sont en acier et leur joue qui est clavetée sur la partie centrale est à son tour goujonnée et clavetée sur la carcasse. Grâce à cette façon de procéder, ni le bobinage proprement dit, ni la bobine et l'enroulement ensemble ne peuvent se déplacer par rapport au bâti principal de l'électro-aimant. De plus, la bobine étant en acier, il n'existe pas, à l'intérieur, de place qui soit inutilement occupée par du métal non magnétique.

L'autre inconvénient contre lequel il est bon de prendre des précautions est le déplacement des spires de chaque bobinage. Afin d'éviter que ce fait se produise, un dispositif a été adopté par la Compagnie Allen West, grâce auquel, à mesure que se font les enroulements constitués de bandes de cuivre, celles-ci passent dans des cylindres qui exercent une tension sur le cuivre et qui, en même temps, forment une rainure longitudinale dans lesdites bandes.

Pendant la même opération, une bandelette d'amiante est insérée entre chaque couche et, comme la partie convexe de la nervure s'engage dans la partie concave de la rainure de la couche précédente, elle force le ruban d'amiante dans la même rainure. On comprendra aisément que, chaque couche supportant la suivante, le bobinage complet constitue pour ainsi dire une masse homogène de cuivre et d'amiante et offre une grande rigidité dans le sens transversal.

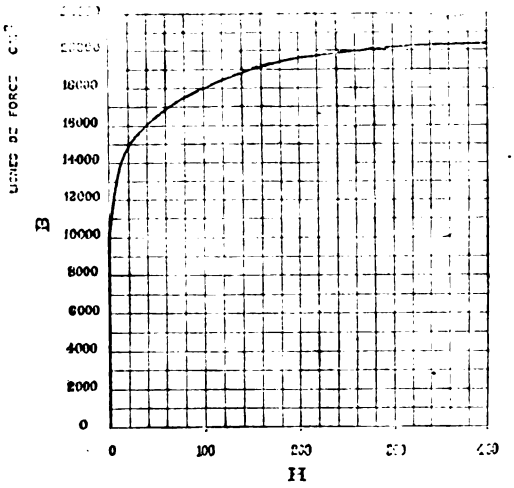


Fig. 8. — Courbe d'aimantation.

Pour empêcher chaque bobinage de se dérouler, une bride en acier massif est assujettie à la partie extérieure. La figure 9 représente nettement ce procédé d'immobilisation des enroulements, l'isolement entre les parties essentielles et la masse étant obtenu au moyen de mica pur.

Les raccordements intérieurs et extérieurs des bobinages traversent des conduits isolés pour se rendre aux bornes également isolées qui sont logées dans une boîte faisant partie de la carcasse principale de l'électro-aimant.

Une fois les bobinages en place et entièrement isolés

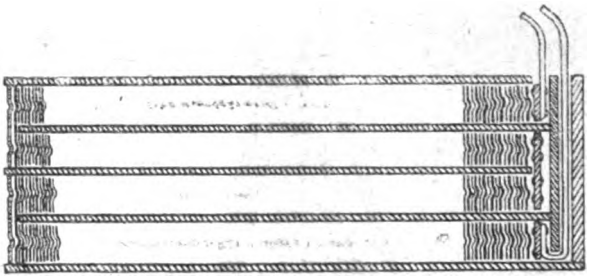


Fig. 9. — Organisation du bobinage dans les électro-aimants Allen West.

le bouclier de protection est assujetti sur la carcasse, les joints étant garnis d'amiante, puis les pièces polaires intérieure et extérieure sont boulonnées en place (les écrous en dessus, de façon à permettre leur démontage lorsque les pièces polaires et les têtes de boulons ont été endommagées à la suite de chocs répétés).

De cette manière le bouclier de protection, la bobine et les enroulements sont solidement maintenus en place.

Après avoir fixé la prise de courant et le câble protégé par une enveloppe métallique sur les bornes des bobinages, et après avoir vissé le dispositif de protection qui les recouvre, l'électro-aimant est prêt à être imprégné de substance isolante.

Le procédé habituellement adopté consiste à faire évaporer l'humidité au moyen du vide, puis à procéder à l'imprégnation dans un four chauffé; on place, ensuite les bobinages dans l'amiante et finalement on coule la substance isolante.

Toutefois, l'inconvénient de ce procédé est qu'au cours de ces diverses manipulations, après le séchage par le vide, les bobinages risquent d'être endommagés, et de plus, lorsqu'on coule l'isolant, nul ne peut savoir de façon exacte si l'isolant remplit toute la partie intérieure de la carcasse ou s'il pénètre dans les interstices des enroulements des bobinages.

Signalons en passant un procédé à la fois très efficace et tout à fait pratique étudié par la Compagnie Allen West au moyen duquel l'on peut obtenir une imprégnation parfaite et remédier ainsi à l'inconvénient précité.

On chauffe l'intérieur de l'électro-aimant en faisant passer un courant dans la bobine d'excitation jusqu'à ce que l'on obtienne une température élevée et, au cours de cette même opération, on porte la carcasse, etc., à la même température, par des moyens artificiels. Pendant l'application de ce procédé de chauffage qui dure environ quatre heures, une pompe aspire l'air et l'humidité qui

Digitized by Google

peuvent se trouver à l'intérieur de l'électro-aimant (on peut observer que ceci constitue une preuve d'étanchéité absolue des joints, car dans la négative, on ne pourrait arriver à produire un vide) et en même temps on chauffe la matière isolante à la même température.

Lorsque les parties intérieure et extérieure de l'électro-aimant ainsi que l'isolant ont atteint la même température et qu'on a obtenu un vide satisfaisant à l'intérieur de la carcasse, on fait couler l'isolant dans l'électro-aimant ; cet isolant remplit alors toutes les fissures qui s'y trouvent. Une fois que l'électro-aimant ainsi qu'une certaine chambre auxiliaire ont été remplis d'isolant, on fait intervenir la pression qui comprime l'isolant dans le réservoir d'où il est ensuite refoulé dans l'électro-aimant de façon que les plus petits endroits en soient imprégnés. Le procédé est efficace, car il a été constaté, après vérification de l'intérieur de l'appareil, que l'isolant pénétrait jusque dans les moindres interstices laissés libres entre les enroulements.

Avec cette méthode d'imprégnation, on peut sans crainte employer l'électro-aimant par n'importe quel temps et même sous l'eau pour des travaux de sauvetage, par exemple ; il peut, en outre, être manipulé sans précautions, comme pourrait le faire un conducteur inexpérimenté, sans crainte de dégâts, tant au point de vue mécanique qu'au point de vue électrique.

e) La *boîte à bornes* constitue une partie de la carcasse de l'électro-aimant, elle doit être de construction particulièrement robuste de façon à éviter les dommages que pourrait y causer le crochet de la grue ou qu'elle pourrait subir si l'électro-aimant tombait sur le côté. Les bornes isolées sont fixées sur une paroi de cette chambre qui est recouverte par un couvercle en acier fort avant l'imprégnation. Comme le tuyau sortant de l'appareil d'imprégnation passe sous ce couvercle, on comprendra aisément que ladite chambre est également remplie d'isolant.

f) *La prise de courant et le câble.* — En vue d'éviter que le conducteur de la grue soit obligé de démonter les raccordements hermétiquement clos, les électro-aimants sont pourvus d'une longueur de câble protégé par une enveloppe métallique, auquel est reliée une prise de courant étanche qui peut être facilement enlevée lorsqu'on désire monter l'électro-aimant sur une autre grue ou lorsqu'il n'est pas en service.

Fig. 10. — Électro-aimant Allen West à suspension rigide.

g) *Chaînes de levage.* — Les chaînes ordinairement employées avec ces électro-aimants sont fixées à trois fortes chapes venues de fonderie avec la carcasse, ainsi que le montre la figure 7, mais dans certains cas, on a jugé préférable de se servir de la suspension rigide à barre de façon à permettre au conducteur de la grue de détacher ou, de ramasser l'électro-aimant lui-même et de l'amener à la cabine de commande de la grue pour effectuer les raccordements nécessaires (voir fig. 10).

Tambours d'enroulement de câble. — Les procédés actuellement adoptés pour la transmission du courant par câble consistent à employer soit des tambours enrouleurs à ressort, soit des tambours à servo-moteur, des tambours à contrepoids ou des tambours actionnés directement par le tambour principal de levage.

Cette dernière combinaison est celle que l'on préfère, en général, pour les ponts roulants en raison du fonctionnement incertain des ressorts et du servo-moteur et en raison aussi de l'encombrement du contrepoids, alors qu'avec un tambour d'enroulement en commande directe par chaîne, on ne rencontre aucun de ces inconvénients.

Mécanisme de commande. — Pour les électro-aimants de faibles dimensions, les combinateurs à tambour conviennent parfaitement, mais pour les modèles plus puissants, on recommande l'emploi de contacteurs en raison des circuits à forte self-induction que l'appareil de mise en marche est appelé à ouvrir. Les figures 11, 12, 13 et 14 montrent un combinateur et un élément

Digitized by Google

d'appareil de contact ainsi qu'une résistance pouvant servir à l'un ou à l'autre de ces mécanismes de commande.

Le combinateur à tambour doit être de construction

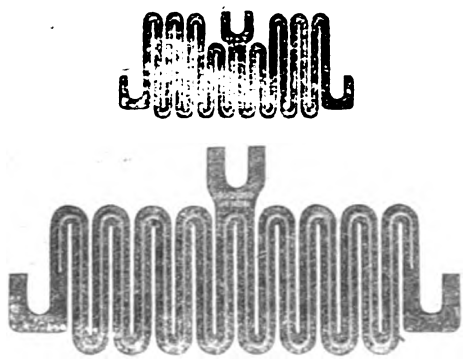


Fig. 11. — Résistance de mise en circuit.

robuste, composé uniquement de fonte et de mica avec doigts de contact montés à charnière munis d'un « shunt »; les extrémités de ces doigts de contact doivent être facilement remplaçables. Dans les combinateurs Allen West, les pièces d'usure sont d'un accès facile pour l'inspection; il suffit de faire basculer le séparateur en arrière. Le soufflage magnétique est puissant et concentré sur la position d'interruption de l'arc.

Dans cet appareil, on a, en outre, apporté une attention toute spéciale à la nécessité qu'il y a d'éviter que le conducteur de la grue passe directement à la position de démagnétisation sans rester sur la position d'interruption, ce qui produirait un arc dangereux. Un dispositif de verrouillage est prévu pour la manette, de sorte que le conducteur est obligé de rester sur la position d'interruption en passant sur un « plot » spécial de repos dont le rôle est de donner à l'électro-aimant le

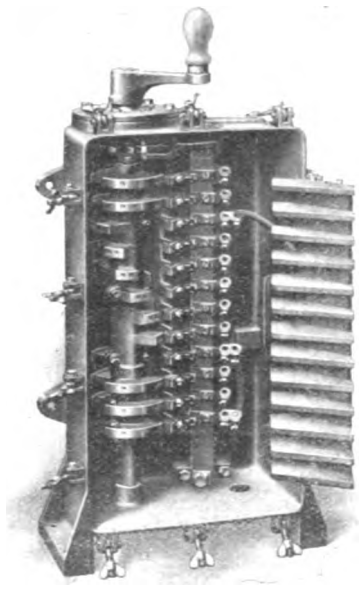


Fig. 12. — Vue intérieure d'un combinateur.

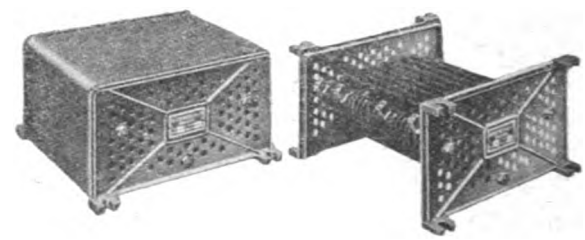


Fig. 13. — Combinateur Allen West.

temps de se décharger sur une résistance avant d'inverser le courant pour la démagnétisation.

Le tableau de la page 405 fait connaître les caractéristiques des électro-aimants Allen West.

Electro-aimants de la Société l'Eclairage électrique. — Cette Société s'est attachée à construire des appareils à la fois extrêmement robustes et simples, pouvant supporter sans danger les chocs violents auxquels ils sont soumis. Dans ce but, elle a préféré augmenter légèrement l'encombrement de ses appareils plutôt que d'introduire des organes mécaniques qui en auraient réduit la simplicité, la robustesse et la durée.

La *carcasse* et les *pièces polaires*, de forme circulaire, sont en acier coulé, très résistant aux chocs et de haute perméabilité magnétique. Pour favoriser le rayonnement de la chaleur développée par effet Joule dans les bobines de l'électro-aimant, la carcasse est pourvue de fortes nervures qui servent également à la renforcer.

Les pièces polaires sont fixées à la carcasse par des

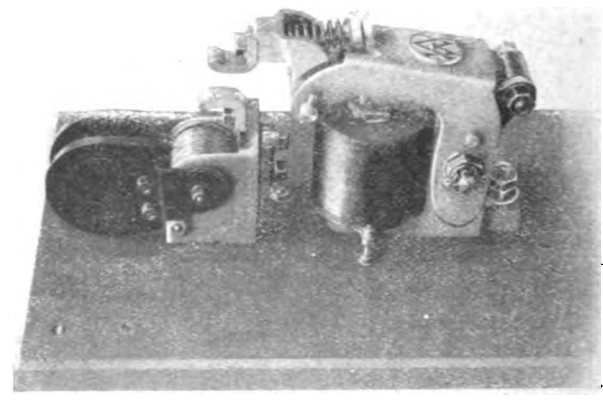


Fig. 14. — Contacteur.

boulons, de façon à pouvoir être facilement remplaçables en cas d'accident.

L'*enroulement excitateur* est formé de galettes, dont le nombre varie suivant la grandeur de l'appareil; ces

Digitized by Google

galettes, bien serrées, séchées à l'étuve, soigneusement imprégnées d'isolant et enveloppées de ruban, sont mises serrantes sur une bobine en acier qui fait partie du circuit magnétique. Un manchon et des rondelles en

Caractéristiques des électro-aimants Allen West.

1° *Circulaires.*

DIMENSIONS DIAMÈTRE EN MM	POIDS NET APPROXIMATIF EN KG	CONSOMMATION EN AMPÈRES SOUS 220 V	HAUTEUR A RÉSERVER POUR LA SUSPENSION EN MM	OBSERVATIONS
610	340	7,5	560	Capable de manutentionner des lingots isolés pesant jusqu'à 5 t.
915	816	26	1 040	Type convenant aux petites grues locomotives pour la manutention des fontes, gueuses, etc.
1 092	1,542	35	1 145 (1)	Type généralement employé sur les grues locomotives.
1 321	2,450	50	1 220	Type le plus employé dans les aciéries pour le chargement des auges et cuillers.
1 575	3,400	72	1 370	Aimants pour forts tonnages de toutes matières, les gueuses en particulier.

2° *Électro-aimants rectangulaires.*

508 × 381	272	4	610	Capable de lever jusqu'à 1,5 t.
915 × 381	500	8	610	Capable de lever jusqu'à 3 t.
1 270 × 381	680	12	915	Capable de lever jusqu'à 4 t.
1 778 × 381	910	16	915	Capable de lever jusqu'à 6 t.

(1) Pour des lingots, lorgets, billettes, etc., la capacité de levage peut être évaluée approximativement à une tonne par 300 mm de longueur d'aimant.

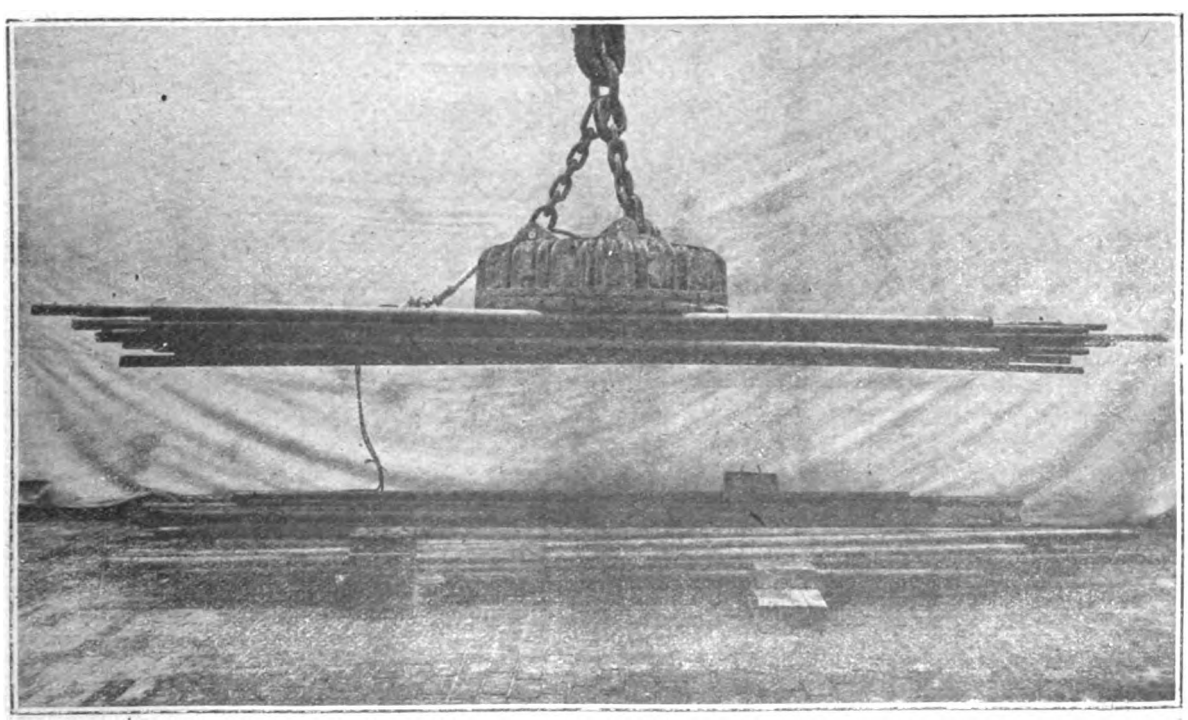


Fig. 15. — Électro-aimant de l'Éclairage électrique pour la manutention de barres.

Digitized by Google

micanite isolent les galettes entre elles et de la masse. L'enroulement est protégé contre les chocs par un bouclier formé d'un disque épais en alliage non magnétique renforcé par des nervures.

Les *bornes*, placées à la partie supérieure de la carcasse, sont très accessibles ; elles sont protégées et rendues hermétiques par un capot qui laisse passer un câble à deux conducteurs sous tresse métallique, de section convenable et présentant environ 0,7 m de longueur libre.

Mode de suspension. — La carcasse est pourvue de trois bossages auxquels sont fixées les chaînes de suspension par l'intermédiaire de broches et de goupilles. Ces chaînes sont réunies par un anneau auquel vient s'attacher le crochet de l'appareil de levage. On a évité l'emploi d'œillets vissés qui cassent facilement et sont dangereux.

Ces électro-aimants sont imperméables à l'eau de pluie et peuvent rester en permanence à l'extérieur, par tous les temps.

On peut également les rendre imperméables à l'eau sous pression et, dans ce cas, ils peuvent servir à repêcher des objets tels que torpilles, parties magnétiques des cargaisons de navires coulés, etc...

Ces électro-aimants ne s'emploient que sur des circuits à courant continu et pour des tensions ne dépas-

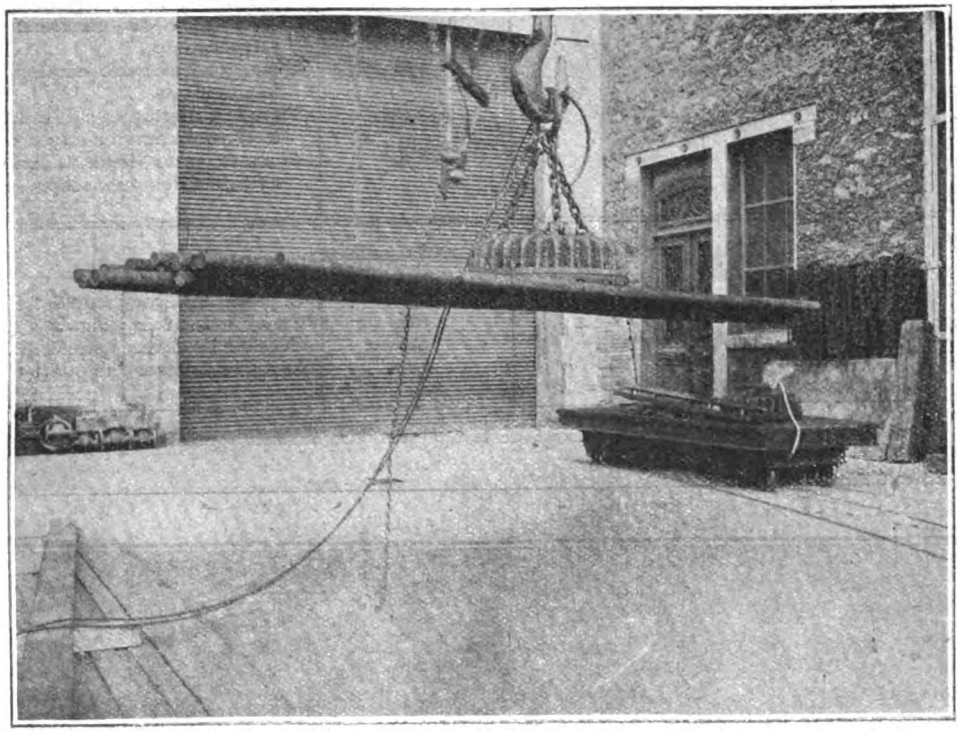


Fig. 16. — Électro-aimant de pont roulant en action (l'Éclairage électrique).

sant pas 240 v. Il n'y a, d'ailleurs, aucun intérêt à les construire pour des tensions supérieures car il faudrait prévoir, pour résister aux tensions de rupture et de fermeture, un isolement entre spires tel que le rendement de l'appareil s'en trouverait fortement diminué.

Les caractéristiques des électro-aimants de la Société l'Eclairage électrique sont les suivantes (Tableau V).

Dans le cas de transport de longues barres, il y a intérêt à coupler en tandem sur une traverse deux petits électros R. 65 qui permettent d'enlever dans ce cas 1 100 kg de barres.

L'électro-aimant, type R. 65, peut enlever des masses d'acier d'un poids variant de 2000 à 5000 kg, selon l'état de propreté ou de régularité de la surface de contact (fig. 15).

Le même appareil, absorbant la même puissance, n'enlève guère en moyenne que 900 kg de barres

Tableau V.

	Modèle R.65 environ	Modèle R.110 environ
Masses d'acier en kg (1)	2 000 à 5 000	6 000 à 15 000
Barres rondes, diamètre 40 mm long. 4 m kg..	800	1 250
Gueuses dessablées kg.	250	800
Riblons kg.....	150	600
Copeaux courts pelletables kg	80	350
Consommation à chaud dans la position travail en kw.....	1	8

(1) Ces chiffres sont très variables suivant l'état de propreté ou régularité de la surface.

Digitized by Google

de $D = 42$ mm, d'une longueur de 4 m (fig. 16), 250 kg de riblons (fig. 17), 150 kg de mitrailles (fig. 18) et 80 kg de copeaux courts ou tournures, pelletables (fig. 19).

Ces résultats sont obtenus avec l'électro R. 65, normal.

Exemple : L'électro R. 65, muni d'un dispositif spécial, peut enlever 110 kg de copeaux au lieu de 80.

En faisant varier le courant, on fait varier dans le même sens la force portante; le poids enlevé dans le cas des charges irrégulières est sensiblement proportionnel au courant absorbé jusqu'aux limites admissibles de l'échauffement.

L'expérience prouve que, lorsqu'un électro-aimant consomme le maximum de courant qu'il est capable de supporter sans danger, il fonctionne dans les meilleures conditions d'économie possible.

En effet, l'augmentation de puissance absorbée est largement compensée par les avantages réalisés par l'augmentation de la force portante : durée moins longue du travail, diminution du prix de la manutention.

D'ailleurs, l'appareil ne doit absorber le maximum de courant que pendant quelques secondes seulement, le temps d'attirer la charge : une fois celle-ci bien appliquée, on peut fortement diminuer le courant sans qu'il tombe une parcelle de la charge enlevée.

Si l'électro-aimant doit soulever des charges massives qui viennent s'appliquer sans entrefer appréciable sur les pôles de l'électro-aimant, le maximum d'effet utile est obtenu au moment de la saturation du circuit magnétique et, dans ce cas, il suffit d'un courant relativement faible pour attirer et maintenir la charge.

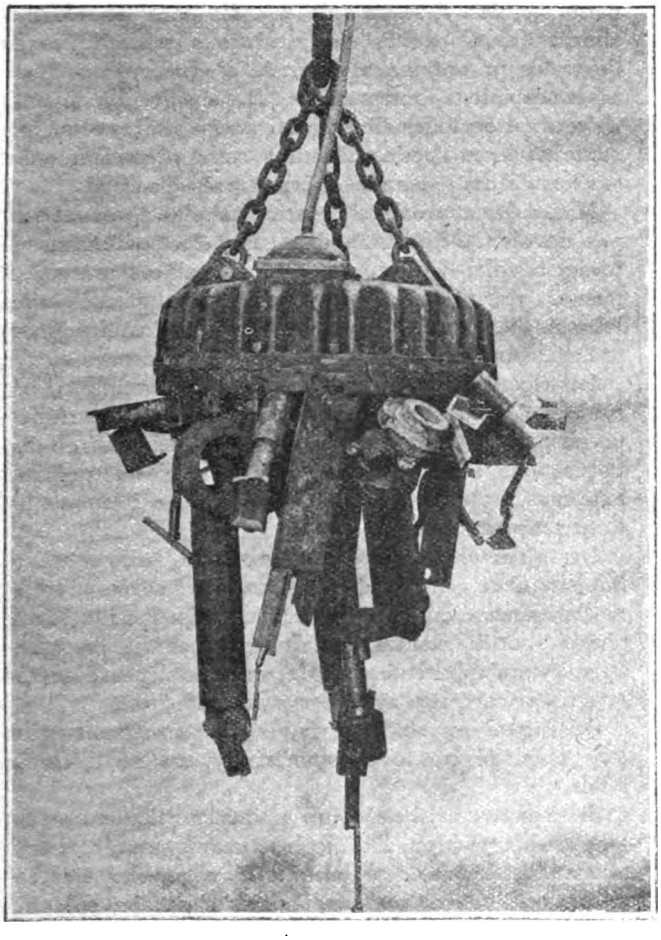


Fig. 17. — Transport des riblons.

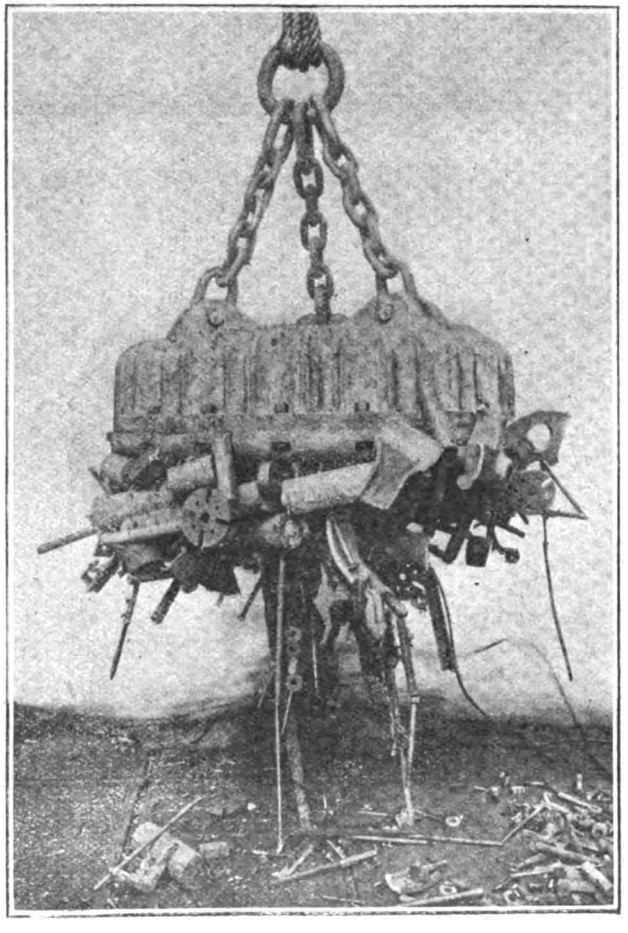


Fig. 18. — Enlèvement des mitrailles par un électro-aimant.

Electro-aimants de la Compagnie générale électrique de Nancy. — La Compagnie générale électrique construit deux séries d'électro-aimants : l'une pour courant continu, l'autre pour courants alternatifs monophasés et polyphasés.

Ces appareils sont généralement munis d'un dispositif amortisseur qui supprime les chocs de l'armature sur ses butées. La course de freinage est comprise entre 40 et 50 mm.

Dans les électros à courant continu, le profil du noyau est tracé pour obtenir un effort aussi constant que possible tout le long de la course. Des précautions

Digitized by Google

spéciales sont prises pour éviter les effets du magnétisme rémanent. Le bobinage est protégé par l'enveloppe qui referme le circuit magnétique.

Dans les électros à courants alternatifs, une enveloppe

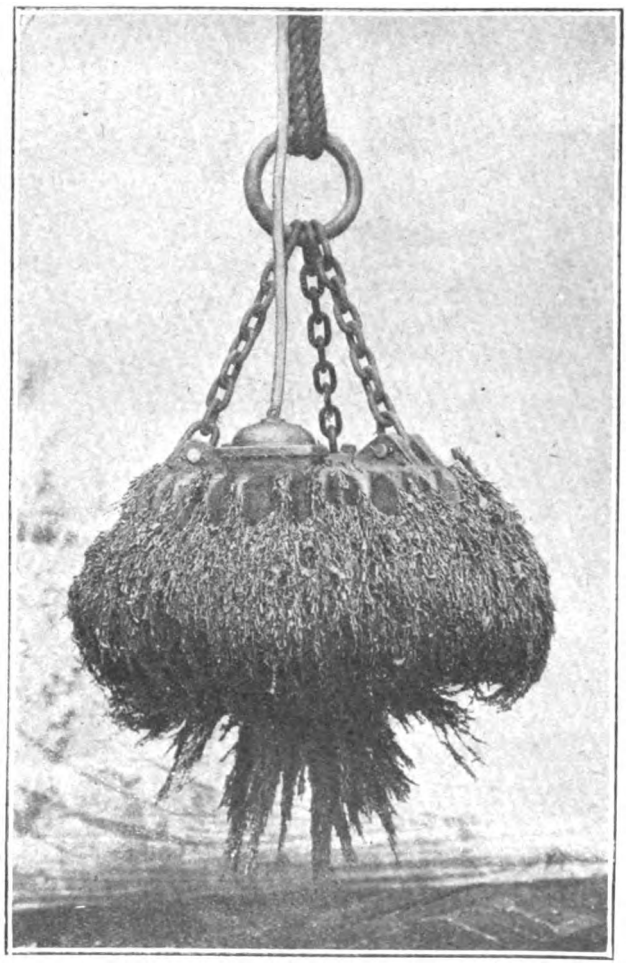


Fig. 19. — Électro-aimant utilisé à la manutention des tournures.

de fonte porte les pattes de fixation et l'appareil est complètement fermé.

Autres appareils. — Nous bornerons pour l'instant la description des électro-aimants de levage aux appareils ci-dessus, la plupart des constructeurs ayant des types se rattachant de près ou de loin aux modèles que nous venons de décrire; citons pour mémoire les appareils Oerlikon, Igranic, Phœnix Wellman, Electric Controler and Manufacturing, Bachelet à Paris, etc., et avant de clore le sujet examinons la question importante des électro-aimants à courants alternatifs.

Electro-aimants à courants alternatifs. — Les électro-aimants à courants alternatifs simples ont été étudiés d'une façon assez complète par M. Friedlaender Cet expérimentateur (1) a fait une série d'essais qu'il a traduits sous forme de courbes montrant l'influence fâcheuse de l'entrefer dans l'emploi des courants alternatifs simples. Il se produit en effet dans les électro-aimants ainsi excités des variations périodiques de l'entrefer qui ont pour résultat de diminuer d'une façon assez sensible la force portante. Il s'ensuit qu'à dépense de courant égale les électros à courant alternatif simple sont inférieurs à ceux utilisant le courant continu, point sur lequel tout le monde est à peu près d'accord.

Mais si les courants alternatifs simples ne paraissent pas devoir être utilisés dans les électro-aimants de levage à moins d'employer certains artifices coûteux, il n'en est pas de même des courants polyphasés avec lesquels le champ ne s'annule pas périodiquement grâce aux propriétés bien connues de ces courants.

Les électro-aimants triphasés sont relativement aisés à établir; quant aux électro-aimants diphasés il suffit de prendre une carcasse d'électro-aimant triphasé en disposant une bobine sur chacune des pièces polaires extrêmes, la troisième pièce polaire placée au centre étant sans enroulement.

Lorsqu'on essaie un tel électro-aimant, on constate un fait singulier, chacun des bobinages absorbe bien la même intensité mais les puissances prises par les deux phases sont différentes. Ce fait tient à ce que la symétrie n'est qu'apparente avec le système diphasé tandis qu'elle est complète avec le système triphasé.

Quoi qu'il en soit, ce type d'électro-aimant peut être employé car la dyssymétrie y est relativement faible.

Si nous avons signalé ces points particuliers, c'est que la construction des électro-aimants pour courants alternatifs n'a pas encore acquis la vogue des électro-aimants à courant continu; il serait cependant intéressant de résoudre les petites difficultés qui se présentent dans l'emploi des courants alternatifs, ces courants étant de plus en plus répandus aujourd'hui dans l'industrie.

J. Reyval.

(1) *Electrical Review*, de Loudres, du 17 mars 1911.

Digitized by Google

La localisation des défauts dans les câbles souterrains

L'auteur de cet article décrit une méthode qu'il a employée pendant longtemps pour déterminer l'emplacement des défauts dans les câbles souterrains à trois conducteurs, et qui lui a toujours donné satisfaction en lui permettant de découvrir la place du défaut à 5 mètres près. La simplicité et la précision de la méthode en font une des meilleures pour localiser les avaries des câbles souterrains à trois conducteurs.

Dans l' « Electrical Review » du 24 août 1917, M. Blacke indique une méthode, basée sur la chute ohmique, lui ayant donné d'excellents résultats.

Pour ma part, j'ai appliqué une méthode analogue il y a quelque dix-huit ans, alors que la fabrication des câbles isolés à la jute imprégnée n'avait pas encore été complètement détrônée par les câbles au papier, et que par conséquent les avaries étaient nombreuses.

Dans un câble armé, triparallèle, à haute tension, le claquage le plus fréquent se produit entre un conducteur et le plomb, il peut endommager le conducteur claqué, mais le sectionnant rarement complètement, surtout à notre époque où les réseaux sont protégés par des disjoncteurs dont le fonctionnement est en général très satisfaisant. Pour la même raison, le cuivre des autres conducteurs est très rarement touché, et leur isolation est même souvent intacte.

Le câble avarié aboutit dans une station, où l'on peut toujours disposer de courant continu, soit par les groupes d'excitation des alternateurs, les groupes de charge de batterie d'éclairage de secours, les convertisseurs ou commutatrices dans les réseaux de distribution en courant continu, ou enfin, un groupe ou une batterie transportable.

Il est indispensable d'obtenir une terre du défaut très franche. On y arrive si la résistance d'isolement est encore élevée, en faisant reclaquer le défaut à haute tension, et en maintenant le courant amorcé assez longtemps pour calciner l'isolation à l'endroit défectueux, et provoquer la formation de charbon et de gouttelettes de cuivre et de plomb fondu, établissant un contact de résistance faible qui permettra le passage du courant continu pour les mesures.

Le même résultat peut être obtenu plus simplement par un contacteur Delon.

Il faut remarquer que, dans certains cas, dans une avarie de boîte par exemple, ce claquage franc est assez long à obtenir, la matière isolante constituant une assez grande résistance aussitôt que l'arc produit par le passage du courant est éteint.

A l'extrémité du câble, on boucle les trois conducteurs par une barre de forte section et avec de bons contacts.

Un des pôles de la génératrice à courant continu est branché à la terre et l'autre, par un ampèremètre, au conducteur avarié, suivant le schéma de la figure 1. Le courant s'établit alors par la section du conducteur avarié jusqu'au défaut, puis par la terre, pour se fermer à l'autre pôle de la génératrice.

Pour augmenter la précision de la mesure, on fait passer un courant aussi fort que possible.

Un voltmètre est connecté entre les extrémités du conducteur avarié et de l'un des autres conducteurs. Celui-ci et la deuxième section du conducteur avarié jouent le rôle de fil pilote de résistance absolument négligeable vis-à-vis de celle du voltmètre qui indiquera donc la

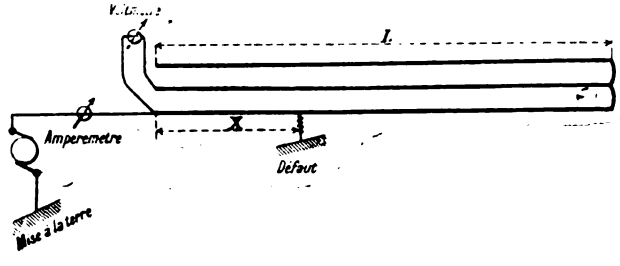


Fig. 1. — Shéma demontage pour déterminer la positionc du défaut dans un câble à 3 conducteurs.

chute de tension exacte de l'extrémité au défaut, et le rapport $\frac{V}{I}$ est égal à la résistance de la section dont on cherche la longueur X; donc $\frac{V}{I} = X\rho$ et $X = \frac{V}{I\rho}$, ρ étant la résistance d'un conducteur par unité de longueur.

Pour déterminer exactement ρ dans les conditions de l'expérience : section des conducteurs, température, exactitude des appareils, etc., on connecte les deux pôles de la génératrice de courant continu aux extrémités des deux conducteurs sains, et le voltmètre entre

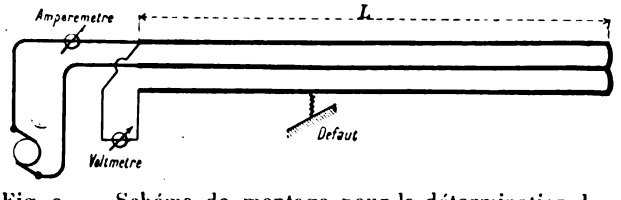


Fig. 2. — Schéma de montage pour la détermination de ρ (résistance d'un conducteur par unité de longueur).

une de ces extrémités et l'extrémité du conducteur avarié, suivant le schéma figure 2.

On a alors

$$\frac{V_1}{I_1} = R_1 = \rho L,$$

Digitized by Google

et

$$X = \frac{l.V.I_1}{V_1 I}.$$

Cette mesure est excessivement précise et élimine toute cause d'erreur due, soit à la résistance du défaut, soit à l'exactitude des appareils, soit à la température du conducteur, etc.

A étant déterminé, on relève sur le plan de pose du réseau les deux boîtes de jonction encadrant ce point et on ouvre ces deux boîtes.

On boucle ensemble comme précédemment les trois conducteurs à l'extrémité la plus éloignée de la station et on répète le même essai de l'autre extrémité de la longueur du câble renfermant l'avarie où l'on a transporté sa boîte de contrôle.

Le courant continu étant reçu de la station par les conducteurs du câble dont la jonction est ouverte, on obtient comme précédemment

$$x = \frac{l.v.i_1}{v_1 i},$$

l étant la longueur entre les deux boîtes ouvertes.

On mesure sur le terrain la longueur x, et on ouvre la tranchée à ce point. En découvrant le câble de quelques mètres de part et d'autre, on trouve généralement le point avarié, surtout si, pendant cet examen, on laisse passer le courant à la terre au point défectueux, dont on constate l'échauffement.

On peut alors exécuter très rapidement la réparation, soit en remplaçant les quelques mètres avoisinant le défaut si on se trouve dans une tranchée humide, soit plus généralement en regagnant, sur le mou du câble que ménage tout bon chef de pose, les quelques centimètres qui permettent d'écarter les conducteurs, en mettant une pince de jonction au conducteur avarié, et en recoulant une boîte de jonction en ce point.

Le seul cas où cette méthode est inapplicable est celui où le conducteur avarié est sectionné et isolé des conducteurs voisins, mais ce genre de défaut est assez rare, les disjoncteurs fonctionnant avant fusion complète du câble.

Dans de très nombreux essais, je suis toujours arrivé, par cette méthode à localiser le défaut à moins de 5 m près, alors que les méthodes de la boucle, de la chute de tension ou autres, si précises dans les laboratoires, défaillaient : les courants vagabonds sous toutes leurs formes rendant le galvanomètre fou (quand par hasard son fil de cocon ou son fin pivot n'était pas rompu) et l'opérateur lui-même étant dans un état d'incertitude qui l'amenait à faire ouvrir la boîte voisine du milieu du câble avarié, puis celle du milieu de la moitié, du milieu du quart, et ainsi de suite jusqu'à la dernière longueur, où alors c'est la scie à métaux qui entre en jeu, partageant cette longueur en deux, puis la moitié en deux, etc., remplaçant 25 m, — 12,50 m, ou 6,75 m, suivant la richesse du magasin, et cela après une ou deux semaines de travail.

L. Conge,
Ingénieur électricien.

La troisième Foire de Lyon

La manifestation économique de Lyon revêt, cette année, un caractère particulier : elle n'est pas, comme les années précédentes, le but de promenade d'une foule simplement curieuse, s'extasiant devant les stands somptueux de nos sociétés de métallurgie et de mécanique ; la grande majorité des visiteurs du parc de la Tête-d'Or sont surtout des connaisseurs et, ce qui mieux est, des acheteurs. Aussi, il faut espérer que notre industrie nationale, par un chiffre d'affaires supérieur à celui de 1917, récoltera le fruit de son labeur et de sa persévérance.

Les groupes 9 et 10 consacrés à l'électricité, 3 et 4 à la métallurgie et à la mécanique, réunissent, à peu d'exceptions près, la totalité des industriels français. Les rois de l'acier, les princes de l'électricité, les petits fabricants, tous ont tenu à participer à cette importante manifestation, et les difficultés de toutes sortes, de plus en plus insurmontables par suite de la prolongation des hostilités, n'ont aucunement entravé l'essor de notre industrie nationale.

Nous n'avons rencontré, au cours de notre visite, que peu de stands méritant une mention particulière relative à du matériel nouveau, la majorité des exposants exhibent le même matériel que l'année dernière, et cela se comprend en raison des circonstances actuelles qui ne permettent guère la modification de l'outillage ni même une orientation nouvelle de fabrication. Cependant, plusieurs constructeurs tendent à la spécialisation, cette méthode leur permettant d'apporter à leur matériel un perfectionnement des plus heureux, et, par le travail en série, d'atteindre un prix de revient très intéressant. Par contre, d'aucuns, surtout de la région lyonnaise, étendent leur fabrication à toutes les branches de l'électricité, et l'on voit dans quelques stands, des appareils de lustrerie, du style français le plus pur du reste, voisiner avec des parafoudres et des interrupteurs à haute tension, et des fers à repasser électriques à côté de disjoncteurs et de tableaux de distribution.

La nomenclature complète du matériel électrique et mécanique exposé au parc de la Tête-d'Or exigerait plusieurs numéros de la « R. G. E. », aussi nous bornerons-nous à signaler les maisons qui nous sont plus particulièrement connues. Si, par hasard, une omission se produit dans notre compte rendu, elle ne provient aucunement d'un parti pris, elle n'est due qu'à la rapidité de notre visite et au peu de loisir que nous ont

Digitized by Google

accordé les exposants et les visiteurs qui ont assiégé le stand de la « Revue générale de l'Électricité ».

Avant de commencer la description des multiples stands consacrés à l'industrie électrique, mécanique et métallurgique, il nous plaît de constater que les constructeurs français, suivant les conseils précédemment donnés par l'éminent directeur de notre Comité de Rédaction, M. A. Blondel, ont enfin abandonné cette fâcheuse méthode d'avant-guerre qui consistait à refuser à la presse toute communication relative aux détails de leur fabrication sous le prétexte futile de dévoiler leurs prétendus secrets à des concurrents. Ils nous ont, cette année, beaucoup facilité notre tâche, et ont reconnu que la meilleure méthode commerciale est de faire connaître à notre clientèle les diverses spécialités de leur fabrication.

Établissements industriels de E.-C. Grammont et Alexandre Grammont. — Il est à remarquer que les Établissements Grammont se sont placés, dès la première Foire de Lyon, en 1916, à l'avant-garde du grand mouvement économique et industriel dirigé comme une véritable offensive contre nos ennemis.

Malgré les difficultés de l'heure présente, nous les trouvons encore cette année représentés par un envoi important que nous allons signaler plus loin.

Ces établissements ont été fondés, en 1849, à Pont-de-Cheruy (Isère) par M. E-C. Grammont; ce qui fut au début un modeste atelier de petite tréfilerie est devenu un groupe d'usines pourvues du matériel le plus puissant, le plus moderne.

Les usines de Pont-de-Cheruy sont les plus anciennes du groupe, continuellement en voie d'agrandissement et de perfectionnement, elles travaillent à la transformation du cuivre et de ses alliages, cuivre rouge et laiton en planches, en barres et en profilés divers. De vastes ateliers de tréfilerie étirent le cuivre et ses alliages pour en former des conducteurs électriques et le trait nécessaire à l'industrie de la passementerie.

Une importante câblerie fabrique tous les conducteurs employés dans l'industrie électrique, dans la téléphonie et la télégraphie. La puissance de fabrication obtenue d'une façon courante est de 1 000 000 de mètres par jour.

Une annexe de cet atelier fabrique non seulement le caoutchouc nécessaire à l'isolement des conducteurs, mais également le caoutchouc manufacturé dans ses différentes applications : bandes pleines pour camions, pneumatiques pour l'automobile, l'aviation, la bicyclette, le caoutchouc industriel, l'ébauche moulée, etc.

Des ateliers outillés de la façon la plus moderne au moyen des presses mécaniques transforment la planche de laiton en douilles d'obus.

A la suite de l'Exposition de 1878 qui avait révélé les premières applications de l'électricité, M. Alexandre Grammont, qui était le collaborateur de son père, se consacra tout spécialement à l'étude de cette nouvelle branche de l'industrie. Il acquit, en 1891, les brevets Mordey-Victoria et entreprit la fabrication du matériel électrique à courant continu et à courant alternatif à basse et haute tension.

Les ateliers situés à la Plaine-Chavanoz qui furent affectés à ces fabrications devinrent insuffisants, et dans le but de satisfaire aux besoins toujours croissants de la Défense nationale, M. Alexandre Grammont n'hésita pas, en pleine guerre, à édifier à Lyon même une usine modèle qui constitue un deuxième centre de production des Établissements Grammont.

On y construit le matériel électrique industriel tel que : alternateurs, moteurs, transformateurs, appareillage, tableaux pour toutes puissances et toutes tensions. Une annexe de cet atelier travaille pour les services de l'artillerie, de la marine et de l'aviation.

Une autre usine située à Lyon, rue du Belvédère, est spécialement réservée à la fabrication des lampes à incandescence. La marque « Fotos », que tout le monde connaît et apprécie, remplace sur le marché les lampes de fabrication étrangère dont la France était inondée jusqu'en 1914. De puissants agrandissements de ces usines, actuellement en cours d'exécution, permettront à la cessation des hostilités de trouver dans notre pays le moyen de satisfaire aux besoins considérables du moment.

Enfin, à Saint-Tropez, une usine de câbles a été spécialement organisée pour la fabrication des câbles sous-marins.

A la Foire de cette année, le matériel exposé par les Établissements Grammont consiste en alternateurs-moteurs de diverses puissances, appareillage pour tableaux, connexions pour rails, câbles armés pour haute et basse tension, câbles sous-marins et accessoires, conducteurs électriques nus et isolés, lampes « Fotos » à filaments tréfilés, caoutchouc industriel, pneumatiques pour automobiles et vélocipédie, cuivres et alliages laminés, tréfilés et emboutis, matériel pour la Défense nationale : fusées, douilles d'obus, etc.

Les industriels, techniciens et acheteurs de tous pays, comprendront certainement les avantages qu'ils peuvent tirer de la production particulièrement supérieure de cette puissante entreprise industrielle.

Schneider et Cie. — Les Ateliers de Champagne-sur-Seine ont exposé dans le pavillon des Établissements Schneider un lot de matériel électrique comprenant toute une série de moteurs continus et alternatifs de diverses puissances, un transformateur statique triphasé de 400 kv-a, un alternateur de 5 000 v, 50 p : sec, un tableau de distribution avec disjoncteur, interrupteur et coupe-circuit et plusieurs démarreurs.

Les isolateurs à haute tension et les produits de la Manufacture de porcelaines de Sainte-Foy-l'Argentière figuraient dans le même pavillon.

Plusieurs photographies donnent des vues complètes des nombreuses usines et filiales des Établissements Schneider. Nous y relevons la Société d'Outillage mécanique et d'Usinage d'Artillerie (usines Bouley, Farcot et Champigneul), la Société des Moteurs à gaz et d'Industrie mécanique, la Société d'Optique et de Mécanique de

Digitized by Google

haute précision, la Société normande de Métallurgie, les Ateliers de précision de Paris, etc.

Une file ininterrompue d'admirateurs, d'acheteurs, se pressent dans le home de la maison Schneider; elle conserve, cette année, la première place qu'elle occupe depuis longtemps dans l'industrie française et maintient toujours avec honneur sur le marché mondial le bon renom de l'industrie nationale.

Société anonyme Westinghouse. — Le matériel exposé par cette Société se réfère spécialement aux équipements électriques d'appareils de levage et de mouvements auxiliaires d'aciéries, à l'appareillage et aux instruments de mesure.

Nous n'insistons pas sur le matériel normal de cette Société qui est connu de tous; toutefois, nous ne voudrions pas la laisser passer sans signaler l'intérêt présenté par les divers moteurs à courant alternatif, pour appareils de levage, qui présentent à la fois une robustesse remarquable et un encombrement très réduit, on a pu combiner ces deux résultats contradictoires en mettant des ailettes radiantes pour dissiper la chaleur dégagée dans ces moteurs complètement blindés. Ces moteurs se font pour toutes les puissances pratiquement utilisables pour les services de levage.

Les moteurs courant continu de cette Société sont pour de faibles puissances jusqu'à 30 ch, du type MP bien connu de tous les constructeurs. Au-dessus, cette Société a adopté un nouveau type de moteurs de construction particulièrement robuste et qui présente les avantages énumérés ci-après.

La construction est massive, les paliers, arbres sont largement dimensionnés, des pôles auxiliaires assurent une commutation parfaite pour toutes les charges ou surcharges; l'induit a un diamètre réduit de façon à permettre des renversements de marche et de freinage rapides, en réduisant l'inertie des pièces en mouvement. Il est monté sur croisillon, de sorte que l'arbre peut être facilement démonté. Les connexions étant toutes faites à l'extérieur du moteur, il n'y a à défaire aucune connexion intérieure lorsqu'on soulève la partie supérieure de la carcasse pour visiter le moteur.

Ce type de moteur est employé spécialement pour les commandes auxiliaires d'aciéries; il est prévu pour toutes les tensions, et sa puissance varie suivant le type, de 30 à 125 ch.

Les contrôleurs type tramways destinés à la commande de ces moteurs sont à signaler pour leur grande robustesse, et pour la facilité avec laquelle les doigts de contact peuvent être remplacés en cas de besoin. Ils sont étudiés pour permettre toutes les combinaisons possibles qui peuvent se rencontrer dans la commande des appareils de levage, et permettent l'emploi d'interrupteur fin de course principaux ou pour courant secondaire d'électro-aimant shunt ou série, assurent le freinage dans un sens de marche ou dans les deux sens, etc.

A côté de ce type de contrôleur, la Société anonyme Westinghouse a exposé des contrôleurs face marbre dont les avantages sont si nombreux qu'un grand nombre d'aciéries des plus importantes ne veulent pas accepter d'autre dispositif de commande pour les moteurs les plus importants de leurs services.

Ce type de contrôleur a sur le contrôleur à tambour l'avantage de permettre, au moyen d'un nombre de touches très réduit, des variations de vitesses considérables. C'est ainsi que pour les contrôleurs possédant simplement cinq touches de changement de vitesse dans chaque sens, on peut en réalité obtenir 16 variations de vitesse. Les démarrages sont par conséquent très progressifs et la régularisation de vitesse peut être obtenue d'une façon parfaite.

La commande de ces contrôleurs s'opère par une seule manette de forte dimension fixée sur croisillon supportant les balais de contact. La manœuvre se fait par un mouvement avant et arrière dans un même plan vertical, ce qui est bien préférable au mouvement de rotation des contrôleurs type tramways. Cette commande peut d'ailleurs être effectuée à distance sur demande spéciale. Toutes les dispositions réalisables avec les contrôleurs du type à tambour peuvent être effectuées par les contrôleurs face marbre.

Les avantages les plus notables de cet appareil qui, à notre connaissance, n'est construit que par la S. A. W., sont les suivants :

La face marbre est un isolant parfait par rapport à la masse et entre les touches.

Les touches sont de larges dimensions.

Les touches sont fixées sur une grande développante.

Les touches sont facilement accessibles et remplaçables.

Le démarrage est très progressif par suite de la multiplication et du décalage des touches.

La rupture du courant se fait simultanément sur quatre touches.

Le soufflage est fait par quatre bobines séparées, une par balai de contact.

Le soufflage est très énergique.

Les contacts se font cuivre sur cuivre.

Les contacts se font par pression réglable.

La poignée est dimensionnée pour une large main.

La manœuvre se fait par mouvement avant et arrière.

Enfin, avant de quitter les stands de la Société Westinghouse, il y a lieu de faire une mention spéciale de la commutatrice exposée par cette Société. Bien que la renommée de cette maison pour la construction des commutatrices ne soit plus à faire, il y a lieu d'insister particulièrement sur le fini de cette machine et les derniers perfectionnements qui y sont réunis.

La commutatrice exposée est prévue pour démarrage direct, c'est la seule que la S. A. W. démarre de cette façon. Pour toutes les puissances supérieures, elle emploie un moteur de démarrage auto-synchronisant qui simplifie considérablement la mise en route de ce genre d'appareil et qui réalise la synchronisation d'une façon entièrement automatique. Ce dispositif breveté a déjà été réalisé dans un si grand nombre d'installations que nous pensons inutile de le décrire.

Digitized by Google

Compagnie Électro-Mécanique. — Cette importante Société, tout en poursuivant très activement dans ses usines du Bourget et de Lyon la fabrication du matériel de guerre, continue à livrer du matériel électrique et des turbo-génératrices pour répondre aux besoins des industries nouvelles qui ont été créées, participant ainsi, d'une manière non moins efficace, à l'œuvre de la Défense nationale.

Nous nous bornerons à signaler ici que, en dehors du matériel de guerre proprement dit, cette Compagnie a livré ou pris en commande en 1917 plus de 400 000 ch, tant en turbines à vapeur que machines électriques. Ce chiffre prouve que, grâce à la spécialisation et à la haute précision de ses fabrications, elle a pu rendre des services appréciables tant à la guerre qu'à la marine et aux nombreuses industries qui se sont créées pour les munitions et les armements.

Non contente de poursuivre avec énergie la construction du matériel nécessité par les travaux de la guerre, la Compagnie Électro-Mécanique a également porté son attention sur les besoins urgents de nos régions envahies, aussitôt après leur libération.

Elle a réorganisé ses services spéciaux de mines, métallurgie, industrie textile, etc., et l'afflux des commandes de machines d'extraction et de moteurs pour l'industrie textile prouve que ses efforts ont été couronnés de succès.

La Compagnie Électro-Mécanique s'est occupée également de l'emploi de l'électricité dans l'agriculture; elle a suivi et suit encore de très près toutes les expériences qui ont lieu actuellement. Il y a lieu d'espérer que le concours éclairé de cette Compagnie permettra de conjurer après la guerre dans une très large mesure la crise de la main-d'œuvre agricole.

Nous tenons à rappeler que, depuis le début de la guerre, la Compagnie Électro-Mécanique a établi au Bourget une infirmerie modèle munie des derniers perfectionnements et subventionnée entièrement par ses soins. Pour son personnel employé et ouvrier mobilisé, elle continue comme par le passé à adresser régulièrement les allocations de secours permettant aux familles de ne pas trop souffrir de l'absence du soldat. Afin d'établir un lien entre tout son personnel présent et absent, elle a créé un Bulletin de guerre dont nous avons déjà eu l'occasion de parler dans notre numéro du 19 janvier dernier.

Japy frères et Cie. — Lors des Foires de 1917, la maison Japy frères et Cie, de Beaucourt, fondée en 1776 avait groupé dans un stand commun les échantillons de quelques-unes de leurs industries : horlogerie, moteurs thermiques, pompes, machines à écrire, matériel électrique. Ils ont préféré, cette année, par suite de son développement, dissocier le service « constructions électriques » et exposer leurs modèles au groupe 9, au milieu de leurs concurrents.

On sait en effet que cette maison s'est spécialisée avec succès depuis plusieurs années dans la fabrication des moteurs électriques de faible et moyenne puissance (de 1/50 de cheval à 50 ch) et qu'elle a été un des principaux producteurs qui ont alimenté notre industrie et notre armée pour ce genre de matériel.

Les machines présentées à la Foire ont été prélevées sur les séries normales et donnent une idée parfaite d'une construction bien au point. On constate, à l'examen des moteurs, la recherche d'une grande puissance motrice pour un poids de matières aussi réduit que possible, conduisant à des types ramassés et robustes, mais qui possèdent néanmoins toutes les qualités mécaniques et électriques imposées par les règlements les plus sévères.

On remarque aussi le soin tout particulier apporté à l'isolement et à la précision du montage.

Le matériel électrique J. F. C. provient en effet de cette Franche-Comté où l'horlogerie est en honneur, et où l'ouvrier a le sens inné de l'exactitude.

Nous avons pu nous rendre compte que les machines de séries, exposées, possèdent un excellent rendement, un facteur de puissance élevé et une grande marge de surcharge.

Au point de vue application, signalons en particulier : *a)* un petit « groupe pompe mural », dont la photographie a figuré en bonne place aux annonces de notre « Revue, » et qui a obtenu un succès tel, nous disent les constructeurs, que les commandes notées absorberont la production de plusieurs mois. Quoique étudié spécialement pour l'élévation d'eau dans les installations particulières, il a trouvé son application sur un grand nombre de bâtiments de notre marine de guerre; *b)* un enrouleur de courroie type Lenix, à roulement à billes, fixé directement sur la flasque du moteur, dispositif très intéressant pour l'attaque directe d'une transmission à faible distance, même avec un grand rapport de réduction.

Parmi les tout petits moteurs, dits moteurs de la « petite série », les types spéciaux pour machine à coudre retiennent l'attention à cause de la grande simplicité de mise en marche et de réglage de vitesse par la pédale, sans rhéostat intermédiaire, ni artifice quelconque.

Après l'éclairage, c'est l'application la plus populaire de l'électricité à l'usage domestique.

Légère, robuste, bien en main, réduite à des proportions strictement indispensables, telle est la perceuse Japy « type marine ». Ces qualités sont obtenues grâce à l'emploi judicieux de l'acier et de l'aluminium.

Les modèles d'appareils électriques : rhéostats, interrupteurs de tableaux, commutateurs étoile-triangle, disjoncteurs, voltmètres et ampèremètres, forment un ensemble intéressant.

Il est inutile de parler ici de l'interrupteur sous coffret vitré, universellement apprécié, mais nous avons remarqué un nouveau type de boîte de manœuvre « blindé » qui est appelé, croyons-nous, à un gros succès de vente.

Quelques bronzes de lustrerie, simples, mais des meilleurs styles français, jettent la tache brillante de leurs ors et décorent de lignes harmonieuses l'ensemble du stand.

Digitized by Google

Compagnie générale de l'Électricité. — Le matériel de cette Société est tellement connu qu'il nous suffira de le signaler : lampes à filaments métalliques, isolants et objets moulés, appareillage à haute et basse tension, fils de cuivre et de laiton, accumulateurs électriques, etc.

En outre, la Compagnie générale de l'Électricité possède de vastes réseaux de distribution électrique dans l'est et le sud de la France et est intéressé dans un certain nombre de maisons de constructions électriques. Elle est, de ce fait, l'une de nos principales et plus importantes maisons françaises d'électricité.

Société générale des Condensateurs électriques. — La Société générale des Condensateurs électriques de Fribourg (Suisse) qui s'est spécialisée dans la protection des réseaux de transport d'énergie présente un ensemble d'appareils constituant son système de protection bien connu et apprécié des exploitants.

Nous y remarquons de nouveaux modèles de condensateurs à plaques combinés avec des bobines de self-induction et des sectionneurs, le tout d'un encombrement très réduit. Les condensateurs permettent l'élimination des accidents qui proviennent des fronts d'onde et des phénomènes inductifs. L'emploi de fils groupés en parallèle dans les bobines de self-induction rend le « skin effect » à peu près négligeable.

A noter aussi les bobines de self-induction à noyau de fer dans l'huile pour l'écoulement des charges statiques, les soupapes Giles, les parafoudres pour réseaux à basse tension et enfin les condensateurs électrolytiques pour le courant continu.

La Société générale des Condensateurs électriques n'a pas ralenti son activité depuis l'ouverture des hostilités. Elle a constamment perfectionné ses modèles et a équipé en France quantité de lignes et stations centrales.

H. Pilon et Cie. — La Société anonyme des Établissements H. Pilon expose les divers modèles de tubes à rayons X et de soupapes à vide du type adopté par l'armée française.

Bien qu'ayant subi, au point de vue constructif, des perfectionnements de détail, ces appareils sont ceux qui depuis trois ans sont répandus par milliers dans nos hôpitaux et les formations sanitaires de nos alliés.

Nous voyons également à ce stand le tube à rayons X du type « Coolidge » dont l'application n'est plus confinée au seul domaine médical, mais entre maintenant dans l'industrie pour l'examen des métaux et de tous les corps, même ceux qui étaient précédemment opaques aux radiations des anciens tubes.

A ce sujet, nous trouvons représentées dans ce stand les installations de plusieurs laboratoires, entre autres deux dispositifs adoptés par les Établissements Schneider et Cie au Creusot et au Havre, ainsi que d'autres installations du type fonctionnant au Conservatoire des Arts et Métiers et à la Société des moteurs Gnome et Rhône. Nombreux clichés nous font voir quantités d'applications de cette nouvelle science depuis l'examen interne d'insectes, jusqu'à celui de blocs d'acier de 45 mm d'épaisseur, en passant par la vérification de pistons d'aluminium, de pierres contenant des minerais et d'obus entièrement terminés.

Nombreuses utilisations autres sont en cours d'application, examen des matières isolantes, des charbons pour l'électricité, etc., etc.

Une nouveauté des plus intéressantes est représentée à ce stand, c'est une pompe à vide, à palettes, d'un encombrement restreint, et capable de vider un récipient de 10 litres en trois minutes au cinquième de millimètre. Elle est d'un entretien nul, étant donnée sa circulation d'huile et ne réclame aucun réglage.

Au cours de l'inauguration officielle, M. Herriot, reconnaissant les efforts accomplis par cette maison pour la substitution des produits français aux produits allemands, tint à s'arrêter à ce stand expliquant aux notabilités qui l'accompagnaient quelle avait été la tâche des Établissements H. Pilon, leur lutte contre l'industrie allemande dès avant 1914 et l'ardeur qu'ils avaient dû mettre pendant la guerre pour arriver non seulement à fabriquer suffisamment d'ampoules radiologiques, mais encore éduquant des souffleurs de verre et ramenant définitivement cette industrie en France,

La Purificatien industrielle des Gaz. — Cette nouvelle venue est une Société française créée en pleine guerre, provenant du groupement d'ingénieurs et de constructeurs français qui ont étudié, établi, breveté des appareils de captation électrique des particules solides et liquides contenues dans les gaz.

L'idée est née en Angleterre où on a envisagé même la précipitation du brouillard, elle a pris un grand développement en Amérique ; enfin, la construction française répond chez nous à des besoins exigeant chaque fois une mise au point spéciale des installations à réaliser.

Parmi les buts de ce traitement des gaz, on doit envisager :

La suppression du rejet dans l'atmosphère des vapeurs chargées de poussières nuisibles ou de particules acides portant préjudice aux voisins et aux usines elles-mêmes.

La récupération, à frais réduits par rapport aux résultats obtenus, des particules de composés métalliques s'échappant jusqu'ici en pure perte lors des traitements métallurgiques qu'on leur fait subir.

Le maintien de la pureté de l'air par captation des fumées dans les stations thermales ou dans les vallées devant rester à l'abri de toute contamination.

La « R. G. E. » a donné dans son numéro du 3 février 1918 une description détaillée et complète des appareils de cette Société.

La « Purification industrielle des Gaz » a des installations industrielles en cours de réalisations dans la région parisienne et à Lyon même : elle nous paraît avoir devant elle un grand champ d'action.

(*A suivre.*) J. N.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Société anonyme Westinghouse.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE ET ASSEMBLÉES SPÉCIALES DU 12 NOVEMBRE 1917.

Les actionnaires se sont réunis en vue d'examiner le projet financier permettant l'extension des usines du Havre, 6 millions de francs étant nécessaires une augmentation de cette importancé du capital est déciée, dont la première tranche serait de 2 millions.

Le Conseil propose d'émettre au pair des actions nouvelles de 100 fr et d'unifier les deux catégories d'actions dont se compose actuellement le capital social, ce qui entraîne les modifications de certains articles des statuts.

L'assemblée décide alors d'émettre 20000 actions nouvelles de 100 fr, jouissence au 1er janvier 1918, sous cette double condition :

1° Que les porteurs d'actions ordinaires renonceront aux droits spéciaux qui leur ont été attribués en ce qui concerne notamment le partage des bénéfices, la répartition du capital en cas de liquidation, le droit à la souscription en cas d'augmentation de capital et le droit de vote ;

2° Que tous les droits spéciaux accordés aux actions privilégiées et notamment le droit de rappel résultant de l'article 43, paragraphe 2 des statuts, par préférence aux actions ordinaires, soient définitivement éteints tant dans le passé que dans l'avenir par l'attribution de 15 pour 100 sur les bénéfices de l'exercice 1917, à prélever par préférence et avant toute autre répartition, de façon que, après ce prélèvement, toutes les actions actuelles aient des droits égaux et que cette égalité s'applique également aux nouvelles actions après leur création.

Le Conseil est autorisé à porter ensuite jusqu'à 6 millions l'augmentation du capital au moyen d'une ou plusieurs émissions et tous pouvoirs lui sont donnés pour fixer les dates, les conditions, les formes de ces augmentations ainsi que les dates et conditions de la libération des nouvelles actions.

Enfin, l'assemblée générale décide, sous condition de la ratification par les assemblées spéciales, d'unifier les actions en une seule catégorie ayant des droits égaux, et en conséquence de modifier les articles 8, 9, 15, 19, 32, 33, 36, 39, 43, 45 et 46 des statuts.

A la suite de cette assemblée les porteurs d'actions privilégiées se sont réunis et ont approuvé et confirmé les résolutions prises par l'assemblée générale extraordinaire et renoncé à leurs droits.

Il en a été de même pour les porteurs d'actions ordinaires réunis le même jour en assemblée spéciale.

ASSEMBLÉES GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE ET SPÉCIALE DU 17 FÉVRIER 1918.

La Société s'est réunie pour vérifier la déclaration de souscription et de versement portant le capital à 16 millions divisé en 160000 actions d'un même type de 100 fr chacune.

Les modifications apportées aux statuts sont alors définitives.

L'assemblée spéciale des porteurs d'actions privilégiées constate que la répartition de 15 pour 100 sur les bénéfices de l'exercice 1917, prévue le 12 novembre 1917, à laquelle était subordonné l'abandon des droits spéciaux des actions privilégiées, a été effectuée, et approuve, confirme et ratifie définitivement les résolutions votées par l'assemblée générale du 12 novembre 1917.

Société d'Applications industrielles.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 28 NOVEMBRE 1917.

Les recettes des entreprises à usines thermiques de la Société sont, en général, en augmentation sensible sur les années précédentes. Les entreprises hydro-électriques ont, pour la plupart, augmenté leurs bénéfices ; certaines d'entre elles ont accru leur capital.

Les Sociétés dans lesquelles la Compagnie est intéressée, ont bénéficié de l'amélioration de la situation générale de l'industrie électrique ; elles ont, pour la plupart, maintenu les dividendes précédents, quelques-unes les ont élevés.

La Société a réalisé des bénéfices importants sur la fourniture du matériel électrique.

Les recettes pour l'exercice 1916-1917 se sont élevées à la somme de 1 202 829,78 fr, en augmentation de 653 805,53 fr sur l'exercice précédent.

Le solde créditeur est de 448 495,70 fr auquel il faut ajouter le solde créditeur des trois dernières années, 800 732,38 fr en 1913-1914, 109 522,02 fr en 1914-1915 et 288 304,45 fr en 1915-1916, soit un total de 1 647 054,55 fr.

La réserve spéciale de la créance sur les tramways de Vauves est devenue disponible par suite de la fin du procès engagé avec l'Etat et de la vente des immeubles ; en y ajoutant la réserve extraordinaire de 240 000 fr, le total atteint 2 167 370,01 fr.

Sur cette somme sont prélevés 2 000 000 fr pour constituer une provision pour risques en pays envahis et risques de change et 5 pour 100 pour la réserve légale, il reste donc à reporter à nouveau 181 328,89 fr.

BILAN AU 30 JUIN 1917.

Actif.

	fr
Caisse, banques et bons de la Défense nationale	1 711 743,76
Coupons à encaisser	147 234,83
Débiteurs divers	3 043 177,48
Effets à recevoir	178 050,25
A reporter	5 080 206 32

Digitized by Google

Report.....	5 080 206 32
Portefeuille.....	18 604 818,80
Participations syndicales et commandite.....	600 156,20
Loyer d'avance et cautionnements.....	7 065 »
Droits de transmission à recouvrer.....	91 542,33
Mobilier.....	1 »
Comptes d'ordre.....	405 340 »
Dépréciation provisoire due au change.....	1 178 557,10
	25 967 696,75

Passif.

	fr
Capital.....	10 000 000 »
Réserve légale.....	76 447,28
Réserve spéciale (tramways de Vanves).....	280 315,46
Réserve extraordinaire.....	240 000 »
A reporter...	10 596 762 74
Report....	10 596 762 74
Obligations 4,1/4 pour 100.....	3 000 000 »
Créanciers divers et risques de change.....	8 189 409,32
Parts bénéficiaires à rembourser.....	2 021,04
Coupons actions.....	1 360,17
Coupons obligations.....	28 871,55
Titres à libérer (versements non appelés).....	2 074 550 »
Comptes d'ordre.....	405 340 »
Profits et pertes reportés.....	22 327,38
Solde du compte de profits et pertes de l'exercice 1913-1914.....	800 732,38
Solde provisoire du compte de profits et pertes de l'exercice 1914-1915.....	109 522,02
Solde provisoire du compte de profits et pertes de l'exercice 1915-1916.....	288 304,45
Solde du compte de profits et pertes de l'exercice 1916-1917.....	448 495,70
	25 967 696 75

Revues, analyses et informations

Les unions d'achats et de vente en Allemagne.

On lit, à ce propos, dans la « Chronique financière dauphinoise » du 15 février 1918 :

De précédentes études ont montré l'influence décisive que les cartels ou unions d'achats et de ventes ont exercée sur l'évolution productrice de l'Allemagne avant la guerre.

Désormais, les cartels seront obligatoires : toutes les industries d'outre-Rhin devront s'y conformer avec un seul acheteur de matières premières et un seul comptoir de vente pour chaque spécialité. Bien plus, les groupes d'industries, constitués en syndicats, auront le pouvoir de supprimer les usines mal situées ou dont l'outillage est défectueux, pour centraliser toute la production dans les établissements les mieux aménagés, les mieux en mesure de produire beaucoup et aux meilleures conditions.

Les indications les plus récentes données par la « Gazette de Francfort » révèlent que les syndicats omnipotents sont réalisés déjà pour les charbonnages, les fabriques de ciments, les tanneries, les fabriques de chaussures, les briqueteries, les constructeurs de matériel de tramways.

Une organisation aussi draconienne ne va pas sans protestations. Les grognards de Napoléon grognaient mais le suivaient. Les mécontents allemands protestent, mais obéissent Pas moyen, d'ailleurs, de faire autrement.

Que l'on nous permette ici un rapprochement : certains théoriciens du socialisme d'Etat préconisent chez nous des solutions qui se rapprochent, en quelque façon, de ce que nos voisins sont en voie d'appliquer. Les uns et les autres procèdent d'une subordination rigoureuse de la liberté industrielle ; mais, tandis que l'Allemagne place à la tête de ses unions de production ou de vente ses industriels les plus qualifiés, limitant l'intervention de l'Etat à conférer aux organismes l'autorité qui rend leur action indiscutable, les doctrinaires français rêvent d'industries d'Etat dirigées et administrées par des fonctionnaires. Ce ne serait pas cette conception qui permettrait de lutter contre les syndicats allemands où l'Etat n'intervient que pour donner autorité à l'initiative privée.

Les questions économiques et la presse quotidienne en Allemagne.

La « Chronique financière dauphinoise » du 15 février 1918 écrit à ce sujet :

Les économistes qui peuvent, en Suisse, lire les grands périodiques germains y voient la phrase suivante, conclusion d'une étude de M. Rathenau :

« La fortune ne récompense pas la vertu, mais l'effort. Tout ce qui se passe en ce moment montre l'impuissance de la routine et de la tradition. »

La moralité allemande se révèle dans la conclusion de M. Rathenau. La philosophie de Nietsche a façonné des cerveaux obstinés et une doctrine résolument utilitaire s'est substituée à tout ce qui fait l'honneur de la pensée chez les peuples civilisés.

On pensait assez généralement que les Américains laissaient prédominer les réalités matérielles sur les inclinations de l'esprit ; or, voici que le peuple des États-Unis se passionne pour les idéals de justice ; son chef distingué s'érige en docteur de la morale des nations et formule les principes de justice qui doivent rayonner sur l'ancien et le nouveau monde.

L'Allemagne veut dominer commercialement après la guerre. Elle espère sans doute trouver dans la pénétration de son commerce des compensations à la victoire militaire qu'elle sent lui échapper.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 12. — 23 MARS 1918.

Chronique. — Société internationale des Electriciens. — Société française de Physique. — Société de Chimie industrielle. — Congrès du Génie civil, p. 417-418.

Section scientifique et technique. — Sur l'application de la formule d'Austin-Cohen à la résolution de quelques problèmes importants de la technique des radiocommunications, par Léon BOUTHILLON, p. 419. — Abaque pour le calcul de la résistance des conducteurs associés en parallèle, par A. CASTEX, p. 424. — Revues, analyses et informations : Sur un nouveau phénomène magnétocalorique, p. 426.

Section industrielle. — Projets concernant l'utilisation économique du charbon, la production et la distribution électrique en Grande-Bretagne, p. 427. — La troisième Foire de Lyon (*suite*), par J. N., p. 445.

Section économique et financière. — L'organisation industrielle, par R. LECOUEZ, p. 447. — Assemblées générales : Appareillage électrique Grivolas, p. 456.

Société internationale des Électriciens. — Séance du 14 mars 1918. — Trois intéressantes communications furent faites pendant cette séance. La première présentée par M. A. Durand, chef de travaux du Laboratoire central d'Électricité et avait pour titre : « Sur l'influence des variations journalières de la fréquence sur les indications des compteurs d'induction ». M. Durand montra, d'après les essais qu'il a faits au Laboratoire central d'Électricité, l'effet des variations de fréquence sur les indications des compteurs d'induction et il a traduit les résultats de ces essais sur de nombreuses courbes. Ces courbes, relevées à courant constant, ont été tracées pour différents facteurs de puissance, les fréquences étant portées en abscisses et les avances ou retards du compteur en ordonnées. Ces courbes montrent que l'influence de la variation de fréquence, qui n'a pas une grande importance pour de faibles débits, prend au contraire une importance considérable pour les grosses puissances, les erreurs dans les indications de compteur se traduisant par des sommes considérables pouvant atteindre des centaines de milliers de francs. D'habitude, dans le cas de grandes puissances à mesurer, on place deux compteurs en série, ces deux compteurs étant montés sur un shunt et devant se contrôler mutuellement. M. A. Durand pense qu'il serait préférable que les constructeurs établissent des types de compteurs de gros calibre permettant de mesurer directement les fortes consommations ; il est certain que d'ici peu nos constructeurs auront mis au point de tels compteurs. Enfin, pour terminer, M. A. Durand fit savoir à la Société qu'il avait constaté avec plaisir que, parmi tous les compteurs qu'il avait étudiés, c'étaient les compteurs de fabrication française qui étaient les meilleurs.

Nous ne faisons que signaler l'intéressante note de M. Marius LATOUR sur « les pertes dans les tôles de fer aux fréquences élevées » qui sera publiée dans un prochain numéro de la « R. G. E. ». Disons seulement que par un calcul très court, basé sur diverses hypothèses simplificatrices, l'auteur parvient à déterminer la valeur des pertes totales par courants de Foucault et par hystérésis dans les tôles des transformateurs à haute fréquence ainsi que l'épaisseur optimum qu'il convient à donner à ces tôles pour avoir le minimum de pertes.

Enfin, la troisième communication fut faite par M. Neu et avait pour objet : « Les isolateurs métalliques ». M. Neu a présenté à la Société des isolateurs en cuivre, l'isolement entre la tige support et l'isolateur étant obtenu à l'aide de soufre ou de paraffine ; il a montré que ces isolateurs pouvaient avantageusement remplacer les isolateurs en porcelaine ou en verre au point de vue électrique, et que, de plus, ils leur étaient mécaniquement bien supérieurs. Le cuivre pourrait naturellement être remplacé par un autre métal approprié. Les isolateurs de M. Neu vont apporter une révolution complète dans la technique de la construction des lignes de transport d'énergie.

Société française de Physique. — Séance du 15 mars 1918. — Cette séance fut consacrée à une très intéressante communication de M. Gondet présentée par M. Ch. Féry et ayant pour titre : « Sur l'emploi du ticker de réception utilisé en télégraphie sans fil comme appareil pratique susceptible de remplacer un galvanomètre pour les mesures industrielles ». Chacun sait qu'il est très difficile d'employer des galvanomètres pour des mesures à faire à l'atelier, les vibrations qui s'y produisent et la pré-

Digitized by Google

sence de machines électriques rendant leur emploi presque impossible. Le dispositif présenté par M. Gondet permet d'ajuster rapidement les résistances des bobines lors de leur construction à l'atelier et de voir si elles sont bien comprises dans les limites tolérées. Le schéma de montage est le suivant. Une lame vibrante, dont les oscillations sont entretenues électriquement et ayant en parallèle un condensateur de décharge, porte le ticker qui est isolé électriquement de la lame. Le ticker et un téléphone monté en série avec lui sont placés sur une des diagonales d'un pont de Wheatstone dont une des branches contient la résistance à mesurer. En ajustant convenablement la résistance réglable, on arrive à obtenir un minimum de son au téléphone et même au silence complet. Cette méthode, très simple, très rapide et très pratique, rendra de très grands services dans l'industrie.

Société de Chimie industrielle. — Séance d'inauguration des travaux du samedi 16 mars 1918. — La séance d'inauguration des travaux de la Société de Chimie industrielle qui devait avoir lieu de 14 mars 1918, comme nous l'avions annoncé dans notre numéro du 2 mars, n'a eu lieu que le 16 mars 1918, dans la grande salle de l'hôtel Continental, sous la présidence de M. Clémentel, ministre du Commerce. M. Scheurer-Kestner, président de la Société de Chimie industrielle, exposa tout d'abord le but de la nouvelle Société qui est de développer l'industrie chimique en France, tant au point de vue technique qu'au point de vue économique, de créer un office de documentation, et de fonder une revue destinée à former lien entre les membres de l'association et à répandre dans le monde intellectuel et industriel toutes les connaissances nouvelles pouvant orienter l'esprit des inventeurs vers les nécessités impérieuses de l'industrie chimique. M. Clémentel, ministre du Commerce, prit ensuite la parole, il montra qu'avant la guerre la science chimique était très développée en France, mais que l'industrie chimique l'était fort peu, cette situation étrange tenant surtout au manque de liaison entre la science et l'industrie et à l'esprit individualiste de certains industriels. Il compara la chimie française d'avant-guerre avec la chimie allemande et montra tout ce que l'Allemagne avait tiré du colossal développement de sa chimie. Il demanda au nom du pays que l'union entre la science et l'industrie et entre industriels se fasse, sous les auspices de la Société de Chimie industrielle, pour préparer la lutte économique d'après-guerre et la soutenir victorieusement ; il promit l'appui du gouvernement qui encouragera et aidera tout effort tendant au développement économique du pays. M. Clémentel termina son patriotique discours en priant chacun de sacrifier son intérêt particulier devant l'intérêt général, le mot d'ordre devant être pour tous : « France d'abord ! France au-dessus de tout ! »

Après le discours de M. Clémentel, la Société commença ses travaux par l'audition de deux communications. La première, de M. Masse, président du Syndicat professionnel de l'industrie du gaz, avait pour titre : « L'organisation économique et la production industrielle ». L'auteur y exposa toutes les conditions nécessaires au développement industriel, et définit le rôle de chacun, savants, techniciens, industriels, capitalistes, ouvriers et Etat. Nous ne pouvons malheureusement, faute de place, analyser la communication de M. Masse qui résume d'une façon précise nos grands devoirs d'après-guerre.

La deuxième communication traitait du : « Problème de la synthèse de l'ammoniac avant Haber » et fut faite par M. Matignon, professeur au Collège de France. Il montra que les principes de la préparation industrielle de l'ammoniac basés sur sa synthèse, qui semblaient être d'invention allemande, étaient en réalité de vieilles inventions françaises que nous n'avions pas su industrialiser et que les Allemands, suivant leur habitude, avaient reprises en s'en attribuant tous les mérites.

L'importance considérable que présente pour la France le développement de l'industrie chimique française nous fait souhaiter que la Société de Chimie industrielle puisse poursuivre son but sans entraves pour le plus grand bien du pays, de la science et de l'industrie française.

Le Congrès du Génie civil. — La Séance d'inauguration du Congrès du Génie civil a eu lieu le lundi 18 mars 1918 à 15 h. dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne, sous la présidence de M. Clémentel, ministre du Commerce. M. le président de la République assistait à la cérémonie.

M. Millerand, qui préside les travaux du Congrès, a montré quelles étaient les richesses nationales de la France et exposé le programme du Congrès du Génie civil, qui consiste à la mise en exploitation intégrale de toutes ces richesses pour permettre à la France de se relever rapidement des lourds sacrifices qui lui ont été imposés par la guerre.

M. Millerand a examiné ensuite quels devaient être les rapports du capital et du travail, il a fait voir les dangers auxquels peuvent conduire certains mysticismes politiques, la révolution russe en étant un terrible exemple ayant conduit la malheureuse Russie à la trahison et à la servitude. Comme nous ne tolérerons pas la trahison, ni la servitude, M. Millerand conclut que tous, ouvriers et capitalistes, doivent s'unir pour permettre au pays de tirer les profits légitimes d'une victoire si chèrement payée.

M. Clémentel, ministre du Commerce, prit ensuite la parole pour affirmer que le gouvernement prendra toutes les mesures en son pouvoir pour assurer l'exécution des projets dont dépendra la victoire économique de la France après la victoire militaire.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur l'application de la formule d'Austin-Cohen à la résolution de quelques problèmes importants de la technique des radiocommunications

Après avoir mis la formule d'Austin-Cohen sous forme cohérente, l'auteur indique le mode d'application de la formule à la détermination des caractéristiques des postes d'émission et de réception au calcul de la portée, de la longueur d'onde optimum et du rendement. Il donne les diverses expressions de la longueur d'onde optimum et du rendement qui correspondent aux cas à envisager en pratique. Il construit enfin un abaque qui permet de résoudre très simplement les divers problèmes posés.

En l'absence d'une formule de propagation des ondes électromagnétiques à la surface de la terre, qui satisfasse à la fois aux deux conditions d'être d'accord avec les résultats d'expérience et d'avoir une base théorique suffisamment solide, la formule expérimentale d'Austin-Cohen est souvent employée, surtout en Amérique, pour obtenir les données nécessaires à l'établissement des projets de radiocommunications.

Cette formule, qui donne l'intensité du courant dans l'antenne de réception en fonction des caractéristiques de cette antenne, de celles de l'émission, de la longueur d'onde, et de la distance des stations, est la suivante :

$$(1) \qquad I_{r\,\mathrm{eff}} = \frac{120\,\pi}{R_r + S_r\omega^2}\,\frac{l_t l_r}{\lambda r}\,I_{t\,\mathrm{eff}}\,\frac{1}{\sqrt{1+\frac{\delta_t}{\delta_r}}}\,e^{-0{,}0015\frac{r}{\sqrt{\lambda}}}.$$

Les lettres ont les significations suivantes :

$I_{t\,\mathrm{eff}}$, $I_{r\,\mathrm{eff}}$ courants efficaces à la base des antennes d'émission et de réception, en ampères;

l_t, l_r hauteurs efficaces des antennes d'émission et de réception, en kilomètres;

δ_t décrément d'amortissement des ondes émises;

δ_r décrément d'amortissement des oscillations propres de l'antenne de réception (détecteur compris);

R_r résistance de l'antenne de réception (détecteur compris), en ohms;

$S_r\omega^2$ radiance de l'antenne de réception, en ohms;

λ longueur d'onde des oscillations, en kilomètres;

r distance des deux stations d'émission et de réception, en kilomètres.

La formule rend compte de la transmission sur mer de jour; elle a été vérifiée expérimentalement notamment par L.-W. Austin, jusqu'à la distance de 4 000 km et la longueur d'onde de 4 000 m. D'après de récents essais de L.-W. Austin, elle donnerait également l'intensité moyenne reçue de jour, à des distances de l'ordre de 7 000 km, et pour des longueurs d'onde de l'ordre de 10 000 m.

La formule d'Austin ne diffère que par le terme exponentiel de la suivante, qu'on obtient théoriquement en supposant la terre plane, parfaitement conductrice, et l'atmosphère parfaitement diélectrique.

$$(2) \qquad I'_{r\,\mathrm{eff}} = \frac{120\,\pi}{R_r + S_r\omega^2}\,\frac{l_t l_r}{\lambda r}\,I_{t\,\mathrm{eff}}\,\frac{1}{\sqrt{1+\frac{\delta_t}{\delta_r}}}.$$

Les deux expressions (1) et (2) ont le défaut de n'être pas homogènes. Cela vient de ce qu'un facteur des dimensions d'une vitesse est masqué dans le deuxième membre, et qu'on emploie d'ailleurs des unités non cohérentes (ampères pour les intensités, ohms pour les résistances, kilomètres pour les longueurs). L'équation (2) s'écrit en réalité, si l'on emploie des unités cohérentes.

$$I'_{r\,\mathrm{eff}} = 4\pi\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\,\frac{1}{R_r + S_r\omega^2}\,\frac{l_t l_r}{\lambda r}\,I_{t\,\mathrm{eff}}\,\frac{1}{\sqrt{1+\frac{\delta_t}{\delta_r}}},$$

où μ et ε sont la perméabilité magnétique et la constante diélectrique de l'atmosphère.

Ou encore

$$I'_{r\,\mathrm{eff}} = 4\pi\Omega\,\frac{1}{R_r + S_r\omega^2}\,\frac{l_t l_r}{\lambda r}\,I_{t\,\mathrm{eff}}\,\frac{1}{\sqrt{1+\frac{\delta_t}{\delta_r}}},$$

Ω étant la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans l'air (300 000 km : sec),

La formule (1) a de plus, au point de vue théorique, l'inconvénient que l'exposant de e est de la forme $\frac{r}{\sqrt{\lambda}}$,

Digitized by Google

et que, par conséquent, le coefficient de cet exposant, égal à 0,0015 quand les longueurs sont exprimées en kilomètres, change en même temps que les unités employées. Il est d'ailleurs facile de ramener cet exposant à la dimension zéro en multipliant λ, sous le signe $\sqrt{\ }$ par une longueur constante, pour laquelle il est naturel de choisir le rayon a de la terre, puisque le rapport $\frac{a}{\lambda}$ s'introduit, comme il est facile de le prévoir a priori, dans les formules calculées théoriquement (H. Poincaré, I.-W. Nicholson, H.-M. Macdonald, W. von Rybczynski). L'exposant s'écrira alors

$$K\frac{r}{\sqrt{a\lambda}} = K\sqrt{\frac{a}{\lambda}}\theta,$$

θ étant l'angle que font les deux droites qui joignent le centre de la terre aux postes d'émission et de réception. K est déterminé par l'expression

$$K\frac{r}{\sqrt{a\lambda}} = 0{,}0015\,\frac{r}{\sqrt{\lambda}},$$

(les longueurs étant exprimées en kilomètres), ou, puisque

$$a = 6\,366 \text{ km}$$
$$K = 0{,}038.$$

En tenant comple de cet ensemble de considérations, les formules (1) et (2) s'écrivent

$$(1')\quad I_{\varphi\text{eff}} = 4\pi\Omega\,\frac{1}{R_\varphi + S_\varphi\omega^2}\,\frac{l_t l_\varphi}{\lambda r}\,I_{t\text{eff}}\,\frac{1}{\sqrt{1+\frac{\delta_t}{\delta_\varphi}}}\,e^{-0{,}038\frac{r}{\sqrt{a\lambda}}},$$

$$(2')\qquad I'_{\varphi\text{eff}} = 4\pi\Omega\,\frac{1}{R_\varphi + S_\varphi\omega^2}\,\frac{l_t l_\varphi}{\lambda r}\,I_{t\text{eff}}\,\frac{1}{\sqrt{1+\frac{\delta_t}{\delta_\varphi}}}.$$

Les formules sont maintenant écrites en unités cohérentes et, par conséquent, ne changent pas quand on passe d'un système cohérent d'unités à un autre système cohérent quelconque.

Si l'on définit le rendement radiotélégraphique par le rapport de la puissance moyenne $W_{\varphi u}$ utilisable à la réception

$$W_{\varphi u} = R_{\varphi u} I^2_{\varphi\text{eff}},$$

($R_{\varphi u}$ étant la résistance équivalente au détecteur), à la puissance moyenne W_t fournie à l'antenne d'émission

$$W_t = (R_t + S_t\omega^2)\,I^2_{t\text{eff}},$$

on a, comme expressions du rendement dans les deux cas envisagés

$$(3)\quad \eta = \frac{R_{\varphi u}}{R_t + S_t\omega^2}\cdot 16\pi^2\Omega^2 l_t^2\,\frac{l^2}{(R_\varphi + S_\varphi\omega^2)^2}\,\frac{1}{\lambda^2 r^2}\,\frac{1}{1+\frac{\delta_t}{\delta_\varphi}}\,e^{-2\times 0{,}038\frac{r}{\sqrt{a\lambda}}},$$

$$(4)\quad \eta' = \frac{R_{\varphi u}}{R_t + S_t\omega^2}\cdot 16\pi^2\Omega^2 l_t^2\,\frac{l_\varphi^2}{(R_\varphi + S_\varphi\omega^2)^2}\,\frac{1}{\lambda^2 r^2}\,\frac{1}{1+\frac{\delta_t}{\delta_\varphi}}.$$

I. — **Les problèmes à résoudre.** — Les formules (1') et (3) permettent de résoudre toute une série de problèmes intéressants de la pratique des radiocommunications.

Détermination des caractéristiques des stations d'émission et de réception. — 1° Etant donnée une distance r à franchir, avec une longueur d'onde donnée, déterminer les caractéristiques de l'émission et de la réception.

L'expression (1') s'écrit, en séparant la partie qui ne depend que de la longueur d'onde et de la distance de celle qui correspond aux caractéristiques des stations.

$$(5)\quad \frac{1}{4\pi\Omega}\,\frac{I_\varphi(R_\varphi + S_\varphi\omega^2)}{l_\varphi}\,\frac{1}{l_t I_t}\sqrt{1+\frac{\delta_t}{\delta_t}} = \frac{1}{r\lambda}\,e^{-0{,}038\frac{r}{\sqrt{a\lambda}}},$$

l'on obtient ainsi, si l'on connaît r et λ, une équation de condition entre les différents paramètres qui représentent les caractéristiques de l'émission et de la réception, relation qui permet de calculer l'un quelconque des paramètres si l'on connaît tous les autres.

Recherche de la portée. — 2° Etant données les caractéristiques de l'émission et de la réception, et la longueur d'onde, trouver la portée de la radiocommunication.

La solution de ce problème s'obtiendra en résolvant par rapport à r l'équation transcendante (1'). Cette solution peut se faire en particulier par une méthode graphique que j'indiquerai plus loin.

Longueur d'onde et rendement. — 3° Etant données les constantes des postes d'émission et de réception (qui peuvent d'ailleurs varier suivant la préoccupation dominante, qui sera par exemple d'avoir le meilleur rendement, ou d'obtenir la meilleure syntonie, etc...) trouver, pour chaque distance à franchir, la longueur d'onde qui correspond au meilleur rendement.

a) Le problème n'a en général été envisagé jusqu'ici que dans le cas très fréquent d'ailleurs où, à l'émission, la radiance est petite par rapport aux résistances, et où, à la réception, la résistance équivalente au détecteur est grande par rapport aux résistances de pertes et à la radiance. Dans ce cas

$R_t + S_t\omega^2$ est sensiblement égal à R_t,
$R_{\varphi u}$ et $R_\varphi + S_\varphi\omega^2$ sont sensiblement égaux à R_φ

et l'expression (3) du rendement s'écrit

$$\eta = 16\pi^2\Omega^2\,\frac{l_t^2 l_\varphi^2}{R_t R_\varphi}\,\frac{1}{\lambda^2 r^2}\,\frac{1}{1+\frac{\delta_t}{\delta_\varphi}}\,e^{-2\times 0{,}038\frac{r}{\sqrt{a\lambda}}}.$$

Digitized by Google

La longueur d'onde la plus favorable est celle pour laquelle

$$\frac{d\eta_i}{d\lambda} = 0,$$

ou

$$\frac{d}{d\lambda}\left(\frac{1}{\lambda}\, e^{-0{,}038\frac{r}{\sqrt{a\lambda}}}\right)^2 = 0,$$

ou

$$\frac{d}{d\lambda}\left(\frac{1}{\lambda}\, e^{-0{,}038\frac{r}{\sqrt{a\lambda}}}\right) = 0,$$

ou enfin

$$(6) \qquad (a\lambda)^{\frac{1}{2}} = \frac{0{,}038}{2}\, r.$$

En kilomètres

$$(7) \qquad \lambda = \left(\frac{0{,}0015}{2}\, r\right)^2.$$

On voit qu'à chaque distance r correspond une longueur d'onde optimum, qui augmente d'ailleurs avec le carré de la distance, tandis que, dans le cas où l'on suppose la terre plane et parfaitement conductrice, le rendement, quelle que soit d'ailleurs la distance r, augmente quand la longueur d'onde diminue.

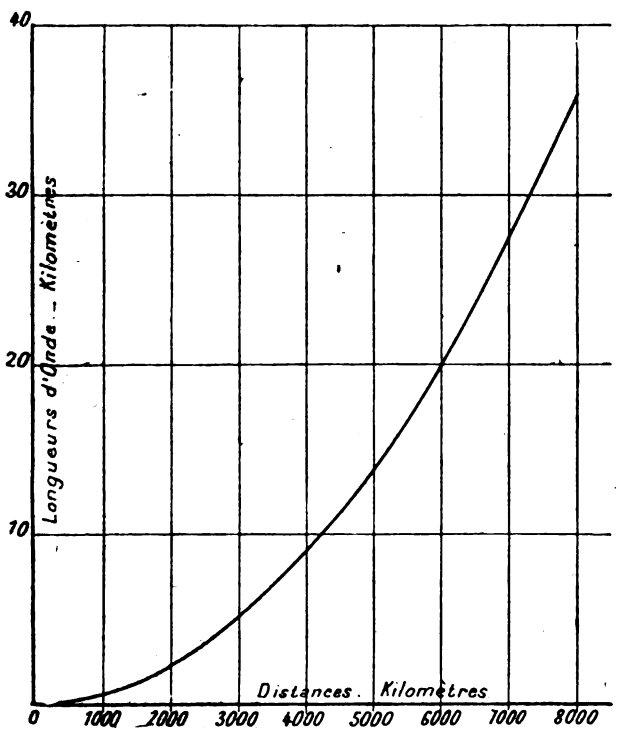


Fig 1. — Longueur d'onde optimum en fonction de la distance (radiances petites par rapport aux résistances).

La courbe (fig. 1) représente, d'après l'expression (7), la valeur de la longueur d'onde optimum en fonction de la distance.

L'hypothèse que nous venons d'envisager (radiances négligeables) par rapport aux résistances, résistance équivalente au détecteur grande par rapport aux résistances de pertes à la réception, quoique très fréquemment vérifiée, ne l'est pas en toutes circonstances. Il est nécessaire d'envisager les autres cas qui peuvent se présenter.

d) Si, comme il arrive avec de faibles longueurs d'ondes et des antennes élevées (par exemple pour des antennes oscillant en quart d'onde), et avec de bonnes prises de terre, la résistance du transmetteur est faible par rapport à sa radiance, tandis que la résistance équivalente au détecteur est grande par rapport à la radiance et aux résistantes de pertes de l'antenne de réception, on a

$$R_i + S_i\omega^2 \text{ sensiblement égal à } S_i\omega^2,$$
$$R_{i'} \text{ et } R_r + S_r\omega^2 \text{ sensiblement égaux à } R_r,$$

et les expressions (3) et (4) des rendements dans la propagation réelle et dans la propagation idéale envisagées deviennent

$$\eta_i = 16\pi^2\Omega^2 \frac{l_i^2 l_r^2}{S_i\omega^2 R_r} \frac{l}{\lambda^2 r^2} I^2_{\text{eff}} \frac{1}{1+\frac{\delta_i}{\delta_r}}\, e^{-2\times 0{,}018\frac{r}{\sqrt{a\lambda}}},$$

$$\eta_i' = 16\pi^2\Omega^2 \frac{l_i^2 l_r^2}{S_i\omega^2 R_r} \frac{1}{\lambda^2 r^2} I^2_{\text{eff}} \frac{1}{1+\frac{\delta_i}{\delta_r}},$$

ou, puisque

$$S\omega^2 = \frac{16}{3}\pi^2\Omega \frac{l_i^2}{\lambda^2},$$

$$\eta_i = 3\Omega \frac{l^2}{R_r} \frac{1}{r^2}\, e^{-2\times 0{,}038\frac{r}{\sqrt{a\lambda}}},$$

$$\eta_i' = 3\Omega \frac{l_r^2}{R_r} \frac{1}{r^2}.$$

Dans ce cas, le rendement croît, d'après la formule expérimentale, constamment avec la longueur d'onde, et cela d'autant plus que la distance à franchir est plus grande, tandis que dans la propagation le long d'un sol plan et parfaitement conducteur, dans une atmosphère parfaitement diélectrique, il serait indépendant de la longueur d'onde.

e) Enfin, si l'on suppose les conditions de rendement les plus favorables, c'est-à-dire :

A l'émission : radiance grande par rapport à la résistance ; rendement de l'antenne d'émission sensiblement égal à 1

$$R_i + S_i\omega^2 \text{ sensiblement égal à } S_i\omega^2,$$

A la réception : résistance de la terre et de l'antenne petite par rapport à la résistance équivalente au détecteur ; radiance égale à la résistance (ces conditions sont

Digitized by Google

celles pour lesquelles l'énergie soustraite au champ incident et l'énergie utilisée dans le détecteur sont maximum dans le cas d'ondes entretenues).

$$R_r = S_r\omega^2,$$

$R_{r'}$ sensiblement égal à R_r.

On a

$$\eta_1 = \frac{S_r\omega^2}{S\omega^2}\,16\pi^2\Omega^2 l_1^2\,\frac{l_r^2}{(2S_r\omega^2)^2}\,\frac{1}{\lambda^2 r^2}\,\frac{1}{1+\frac{\delta_1}{\delta_r}}\,e^{-2\times 0{,}038\frac{r}{\sqrt{a\lambda}}},$$

$$\eta_1' = \frac{S_r\omega^2}{S_1\omega^2}\,16\pi^2\Omega^2 l_1^2\,\frac{l_r^2}{2S_r\omega^2}\,\frac{1}{\lambda^2 r^2}\,\frac{1}{1+\frac{\delta_1}{\delta_r}},$$

ou, en tenant compte de

$$S\omega^2 = \frac{16}{3}\pi^2\Omega\,\frac{l_1^2}{\lambda^2},$$

$$S_r\omega^2 = \frac{16}{3}\pi^2\Omega\,\frac{l_r^2}{\lambda^2},$$

$$\eta_1 = \frac{9}{64}\pi^2\,\frac{\lambda^2}{r^2}\,e^{-2\times 0{,}038\frac{r}{\sqrt{a\lambda}}},$$

$$\eta_1' = \frac{9}{64}\pi^2\,\frac{\lambda^2}{r^2}.$$

Dans les deux hypothèses, mais plus vite dans celle de la propagation réelle, et d'autant plus que la distance est plus grande, le rendement radiotélégraphique augmente avec la longueur d'onde.

On voit que, dans un grand nombre de cas de la pratique, le rendement de la radiocommunication augmentera indéfiniment avec la longueur d'onde, et cela d'autant plus vite que la distance à franchir sera plus grande. Le premier cas envisagé, des résistances grandes par rapport aux radiances, étant une limite, qui n'est jamais réalisée pratiquement, les longueurs d'onde à employer, pour obtenir le rendement maximum, seront notablement plus grandes que celles qu'indiquerait la courbe de la figure 1.

II. — Méthode graphique de résolution des problèmes posés. — Mode d'établissement de l'abaque. — La recherche des constantes de stations, la longueur d'onde et la distance étant supposées connues, ainsi que la recherche de la longueur d'onde favorable, se font au moyen de calculs relativement simples. Il n'en est pas de même de la résolution en r de l'équation (1'), qui donne la solution du problème de la portée des radiocommunications. Aussi s'est-on efforcé de trouver des procédés graphiques qui permettent d'obtenir simplement le résultat désiré.

En particulier H.-G. Cordes et J.-L. Hogan ont indiqué une méthode graphique pour résoudre par rapport à r, l'équation

$$I_r = 4{,}25\,\frac{l_1 l_r}{\lambda r}\,I_e\,e^{-0{,}0015\frac{r}{\sqrt{\lambda}}}$$

(intensités en ampères, longueurs en kilomètres), qui avait été primitivement donnée par L.-W. Austin dans le cas d'oscillations amorties, reçues dans une antenne de 25 ohms de résistance (radiance comprise).

Tyng M. Libby a publié un graphique semblable applicable au cas des ondes entretenues.

Il est possible, tout en simplifiant la méthode graphique exposée par ces auteurs, de l'étendre à l'ensemble des cas de la pratique (oscillations entretenues ou amorties), et de faire servir le graphique obtenu à la solution de l'ensemble des problèmes posés ci-dessus.

Comme il s'agira maintenant uniquement de calculs numériques, nous prendrons la formule d'Austin-Cohen sous la forme (1)

$$I_{r\,\mathrm{eff}} = \frac{120\pi}{R_r + S_r\omega^2}\,\frac{l_1 l_r}{\lambda r}\,I_{e\,\mathrm{eff}}\,\frac{1}{\sqrt{1+\frac{\delta_1}{\delta_r}}}\,e^{-0{,}0015\frac{r}{\sqrt{\lambda}}}.$$

Dans cette formule, les intensités sont exprimées en ampères, les résistances en ohms, et les longueurs en kilomètres.

Rien n'est d'ailleurs changé à la formule si, comme nous le supposons maintenant, on exprime $I_{r\,\mathrm{eff}}$ en ampères, r et λ en kilomètres, l_1 et l_r en mètres et $I_{r\,\mathrm{eff}}$ en microampères.

Écrivons l'équation sous la forme

$$\frac{I_{r\,\mathrm{eff}}}{120\pi}\times\frac{\lambda(R_r + S_r\omega^2)\sqrt{1+\frac{\delta_1}{\delta_r}}}{l_1 l_r I_{e\,\mathrm{eff}}} = \frac{1}{2}\,e^{-0{,}0015\frac{r}{\sqrt{\lambda}}},$$

et prenons les logarithmes des deux membres ; il vient

$$\log\left(\frac{I_{r\,\mathrm{eff}}}{120\pi}\times\frac{\lambda(R_r + S_r\omega^2)\sqrt{1+\frac{\delta_1}{\delta_r}}}{l_1 l_r I_{e\,\mathrm{eff}}}\right) = -0{,}0015\,\frac{r}{\sqrt{\lambda}}\log e - \log r.$$

Construisons maintenant, pour une série de valeurs de $I_{r\,\mathrm{eff}}$, les courbes ayant pour abscisses

$$\log\left(\frac{I_{r\,\mathrm{eff}}}{120\pi}\times\frac{\lambda(R_r + S_r\omega^2)\sqrt{1+\frac{\delta_1}{\delta_r}}}{l_1 l_r I_{e\,\mathrm{eff}}}\right),$$

et pour ordonnées

$$\log\frac{\lambda(R_r + S_r\omega^2)\sqrt{1+\frac{\delta_1}{\delta_r}}}{l_1 l_r I_{e\,\mathrm{eff}}}.$$

(Échelle à gauche de l'abaque fig. 2). Ces courbes sont des droites A parallèles. La droite A correspondant à une valeur $I_{r\,\mathrm{eff}}$ correspond d'ailleurs également à la

Digitized by Google

valeur $I_{\text{reff}}\,10^{K}$ si l'on multiplie par 10^{-K} les valeurs de

$$\frac{\lambda\,(R_\rho + S_\rho\omega^2)\sqrt{1+\frac{\delta_i}{\delta_\rho}}}{l_i l_\rho I_{\text{ieff}}}$$

portées sur l'échelle des ordonnées.

Construisons, d'autre part, sur les mêmes axes, pour les différentes longueurs d'onde, les courbes B ayant pour ordonnées $\log r$, pour abscisses

$$-\frac{0{,}0015\,r}{\sqrt{\lambda}}\log e - \log r.$$

(Échelles de $\log r$ à droite du graphique.)

Les droites A ont été construites pour les valeurs

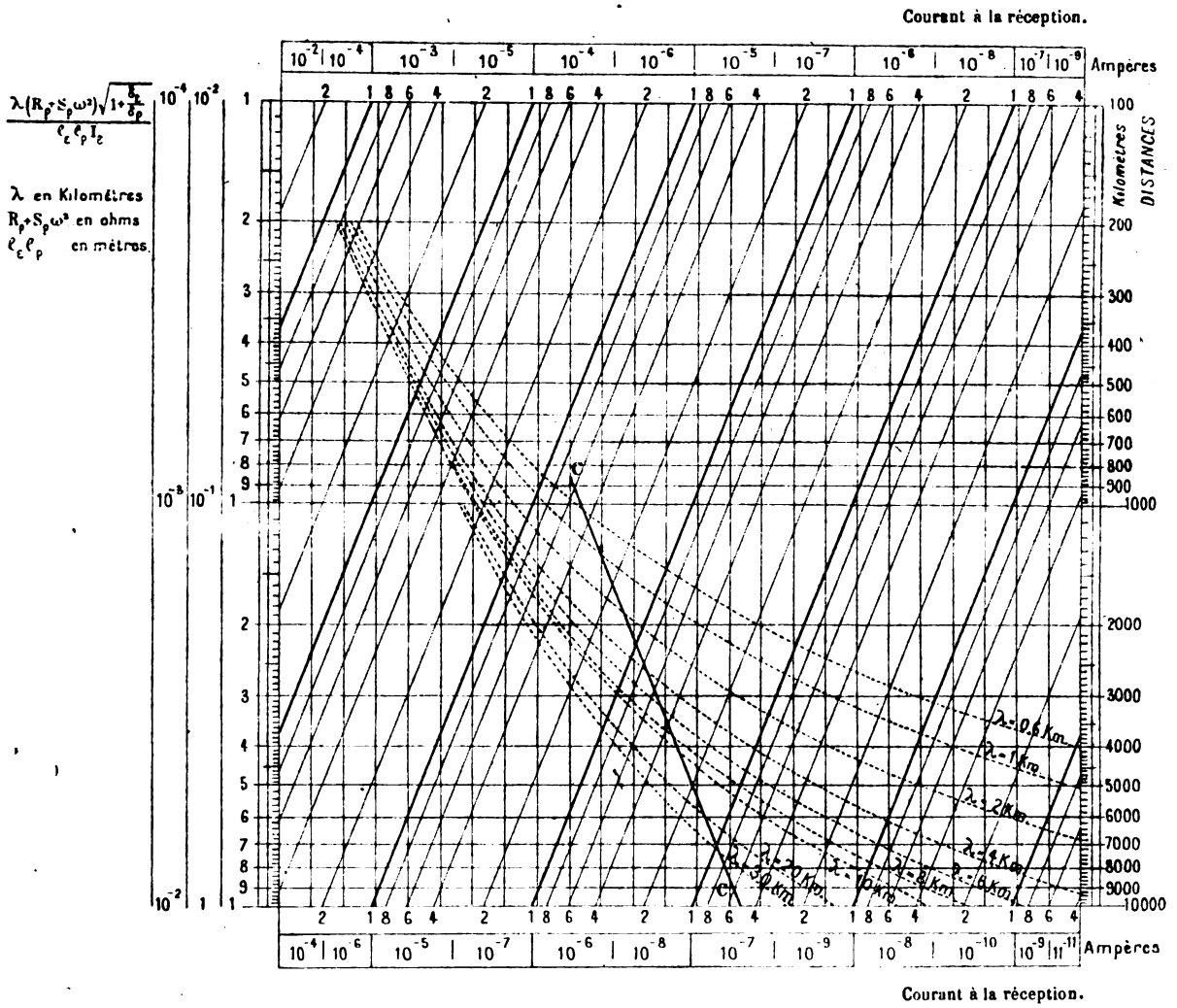


Fig. 2. — Abaque pour le calcul des portées, des longueurs d'onde optima et des caractéristiques des stations.

de I_{reff} comprises entre 10^{-4} et 10^{-11} A, et les valeurs de

$$\frac{\lambda\,(R_\rho + S_\rho\omega^2)\sqrt{1+\frac{\delta_i}{\delta_\rho}}}{l_i l_\rho I_{\text{ieff}}},$$

comprises entre 10^{-2} et 1. Les mêmes droites A peuvent servir pour les valeurs de I_{reff} multipliées par 10^{2} et les valeurs de

$$\frac{\lambda\,(R_\rho + S\,\omega^2)\sqrt{1+\frac{\delta_i}{\delta_\rho}}}{l_i l_\rho I_{\text{ieff}}},$$

comprises entre 10^{-4} et 10^{-2}.

Les courbes B sont tracées pour les valeurs de λ comprises entre 0,6 et 10 km, et les distances de 100 à 10 000 km. Les courbes B correspondant aux longueurs d'onde de 20 et 30 km ont été également tracées, à titre de simple indication, la formule n'ayant pas été vérifiée pour des longueurs d'ondes aussi grandes.

Le diagramme ainsi établi a été complété par une courbe additionnelle. Considérons l'une quelconque des courbes B, ayant

$$(8)\quad \left\{\begin{array}{l}\text{pour abscisses}\quad -\dfrac{0{,}0015\,r}{\sqrt{\lambda}}\log e - \log r = X\\ \text{et pour ordonnées}\ \log r = Y.\end{array}\right.$$

Digitized by Google

Cette courbe correspond à une longueur d'onde λ. Soit r_0 la valeur de la distance pour laquelle cette longueur d'onde est la longueur d'onde optimum, dans le cas des résistances grandes par rapport aux radiances, et de la résistance équivalente au détecteur grande par rapport aux résistances. On a

$$\lambda = \left(\frac{0{,}0015\, r_0}{2}\right)^2.$$

$$\frac{0{,}0015\, r_0}{\sqrt{\lambda}} = 2.$$

Portons cette valeur de r_0 dans les équations (8) et éliminons log r_0 entre les deux équations (soient X_0, Y_0 les nouvelles valeurs de X et Y); il vient

$$-\log e - Y_0 = X_0.$$

Le lieu du point X_0 Y_0 est une droite CC, qu'il est facile de tracer sur le diagramme.

Application. — Il est facile maintenant d'utiliser le graphique pour la solution des problèmes posés.

1° Supposons données la distance r et la longueur d'onde λ, et le facteur

$$\frac{\lambda\,(R_2 + S_2\omega^2)\sqrt{1 + \frac{\delta}{\delta_2}}}{l\, l_2 I_{1\text{eff}}} = D,$$

et cherchons la valeur du courant dans l'antenne de réception $I_{2\text{eff}}$.

On trace par le point de l'échelle des distances correspondant à r, une droite parallèle à l'axe des abscisses qui coupe la courbe B correspondant à λ en un point. Par ce point, on mène une droite parallèle à l'axe des ordonnées, qui rencontre l'horizontale passant par le point marqué D à l'échelle de gauche, en un point P. Par P passe une droite A qui correspond à une valeur de $I_{2\text{eff}}$ qui est la valeur cherchée et qu'il est facile de déterminer par la position du point P entre les droites A tracées dans le diagramme.

Supposons données la distance r, la longueur d'onde λ et l'intensité $I_{2\text{eff}}$ dans l'antenne de réception. Il s'agit de trouver la valeur de

$$\frac{\lambda\,(R_2 + S_2\omega^2)\sqrt{1 + \frac{\delta}{\delta_2}}}{l_1 l_2 I_{1\text{eff}}} = D.$$

Par le point de l'échelle des distances correspondant à r, traçons une horizontale. Elle coupe la courbe B correspondant à λ en un point M. La verticale qui passe par ce point coupe en un point P la droite A qui correspond à $I_{2\text{eff}}$. L'horizontale qui passe par P rencontre l'échelle de gauche en un point Q qui donne la valeur D cherchée.

2° Etant données l'intensité efficace $I_{2\text{eff}}$ dans l'antenne de réception nécessaire pour le service envisagé, la longueur d'onde λ et la valeur D

$$D = \frac{\lambda\,(R_2 + S_2\omega^2)\sqrt{1 + \frac{\delta}{\delta_2}}}{l_1 l_2 I_{1\text{eff}}}.$$

Trouver la portée de la radiocommunication.

Il suffit de faire en sens inverse l'opération précédente : traçons par le point Q de l'échelle de gauche qui correspond à D une horizontale. Elle coupe la droite A qui correspond à $I_{2\text{eff}}$ en un point P. La verticale qui passe par ce point rencontre la courbe B voulue en un point M. L'horizontale du point Q coupe l'échelle des distances en un point N, qui donne la valeur de r cherchée.

3° Trouver la longueur d'onde optimum pour une distance donnée (dans le cas où les résistances sont grandes par rapport aux radiances, et où la résistance du détecteur est grande par rapport aux résistances de pertes de l'antenne de réception. Il suffit de mener par le point N, de l'échelle des distances, qui correspond à r, une horizontale, qui coupe la droite CC en un point Q. Par Q passe une courbe B qui correspond à la valeur de λ cherchée.

Léon Bouthillon,
Ingénieur des Télégraphes, chargé du service de la télégraphie sans fil.

Abaque pour le calcul de la résistance des conducteurs associés en parallèle

L'abaque en question, établi suivant la méthode des points alignés de M. d'Ocagne, permet de déterminer sans calcul la résistance d'un ensemble de conducteurs associés en parallèle.

Dans certains problèmes pratiques, notamment dans le calcul des réseaux de distribution, on a fréquemment à déterminer la résistance d'un ensemble de conducteurs groupés en parallèle. Ce calcul, qui devient vite fastidieux quand il est souvent répété et que le nombre de conducteurs est grand, peut être évité en remarquant que la formule classique

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots,$$

Digitized by Google

est susceptible d'une représentation nomographique très simple.

Considérons deux axes de coordonnées rectangulaires Ox, Oy et traçons dans leur plan deux droites passant par l'origine et faisant de part et d'autre de l'axe Ox un angle de 60° (fig. 1).

Portons sur ces deux droites deux

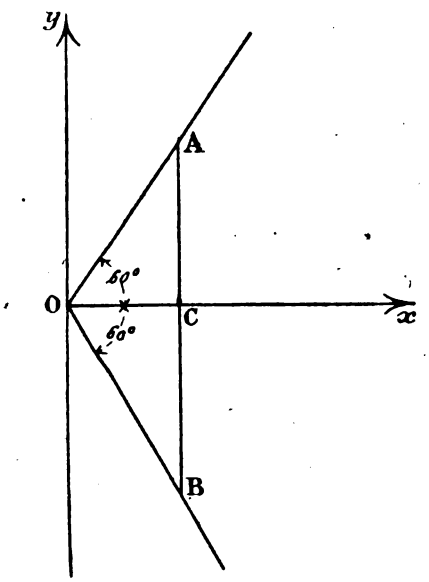


Fig. 1.

longueurs OA et OB respectivement proportionnelles aux résistances R_1 et R_2 de deux conducteurs associés en parallèle.

Les points A et B ainsi obtenus déterminent une droite AB dont l'équation dans le système cartésien considéré est

$$X(R_1 + R_2) - Y(R_1 - R_2) - R_1R_2 = 0.$$

Cette droite rencontre l'axe OX en un point C dont l'abscisse a pour expression

$$X = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2},$$

que l'on peut encore écrire

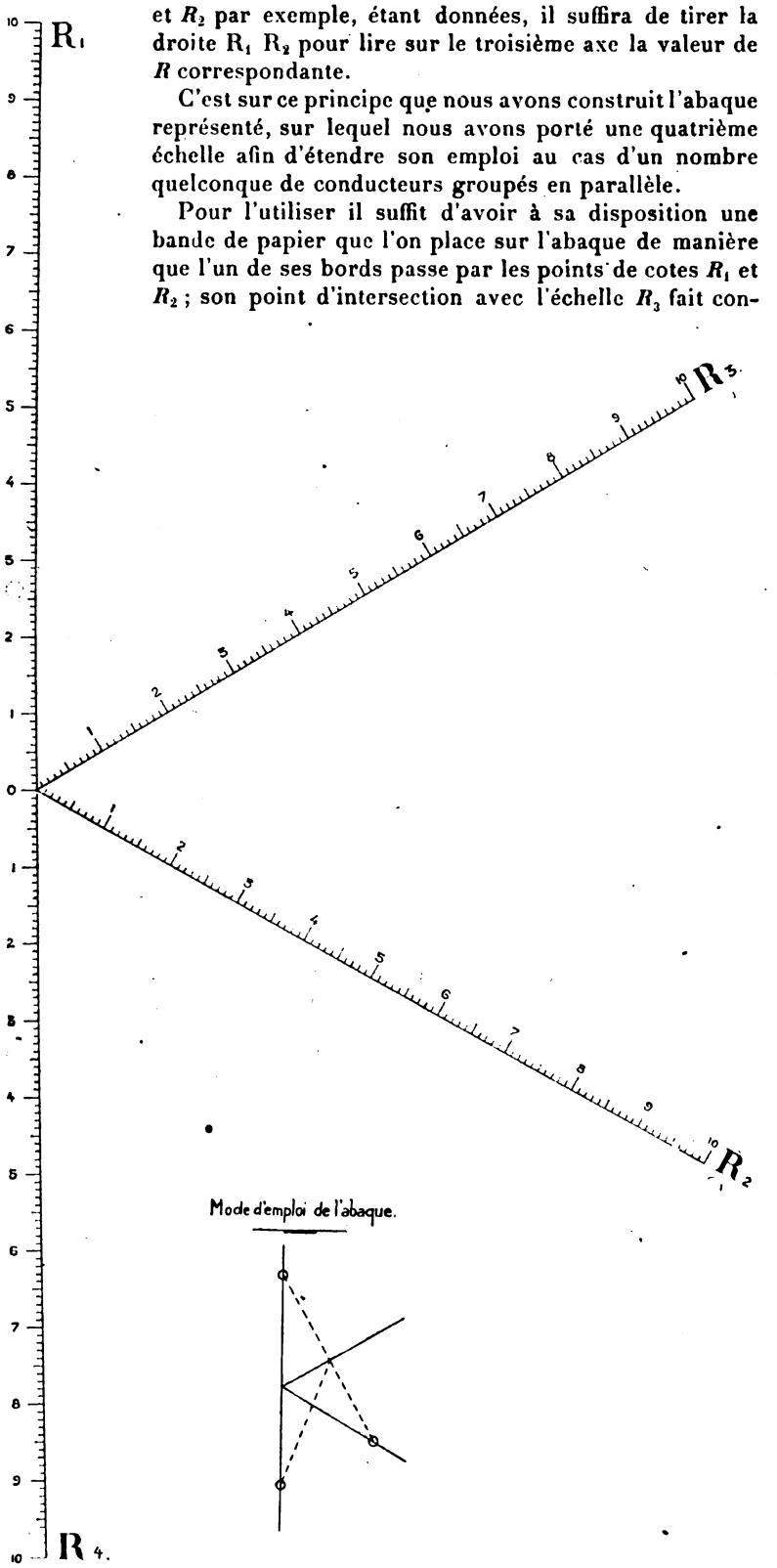
$$\frac{1}{X} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}. \qquad (1)$$

relation qui montre que la longueur du vecteur OC est proportionnelle à la résistance de l'ensemble des conducteurs R_1 et R_2 montés en parallèles.

On voit donc que, si l'on gradue linéairement trois axes concourants décalés de 60°, trois cotes quelconques satisfaisant à la relation (1) seront alignées sur une même droite. Il suit évidemment de là que deux de ces cotes, R_1 et R_2 par exemple, étant données, il suffira de tirer la droite R_1 R_2 pour lire sur le troisième axe la valeur de R correspondante.

C'est sur ce principe que nous avons construit l'abaque représenté, sur lequel nous avons porté une quatrième échelle afin d'étendre son emploi au cas d'un nombre quelconque de conducteurs groupés en parallèle.

Pour l'utiliser il suffit d'avoir à sa disposition une bande de papier que l'on place sur l'abaque de manière que l'un de ses bords passe par les points de cotes R_1 et R_2 ; son point d'intersection avec l'échelle R_3 fait con-



Mode d'emploi de l'abaque.

Fig. 2.

naître la résistance cherchée. Si le nombre de conducteurs est supérieur à deux, on fait pivoter la bande de

Digitized by Google

papier autour du point R_3 que l'on a déterminé et on l'amène en coïncidence avec la valeur de la troisième résistance lue sur l'échelle R_4. Le point de rencontre de l'axe R_2 avec le bord de la bande donne la résistance de l'ensemble des trois résistances que l'on relève ou que l'on aligne, s'il y a lieu, avec la résistance du quatrième conducteur lue sur l'échelle R_1 et on continue ainsi jusqu'à épuisement des résistances.

La figure placée au bas de l'abaque indique clairement ces opérations.

Il va sans dire que le nomogramme, bien qu'établi en vue du calcul des résistances associées en parallèle, peut être aussi employé avec la même facilité pour calculer la capacité de plusieurs condensateurs montés en série, et d'une façon générale dans toutes les applications numériques de formules où les inverses des données entrent sous une forme linéaire.

A. Castex,
Ingénieur, professeur à l'Institut polytechnique de l'Université de Grenoble.

Revues, analyses et informations

Sur un nouveau phénomène magnétocalorique (1).

I. — Au cours de l'étude magnétique du nickel dans le voisinage du point de Curie nous avons observé un échauffement notable de la substance, provoqué par l'établissement du champ. Pour un champ de 15 000 gauss, l'effet peut atteindre 0,7°. La suppression du champ produit un refroidissement de même grandeur.

La réversibilité de cet effet suffit à le distinguer de l'échauffement par hystérèse. L'ordre de grandeur aussi est différent. L'hystérèse ne produit, même pour un acier très dur, qu'une élévation de température de $\frac{1}{200}$ de degré par cycle.

Nous sommes assurés que le champ est sans action sur la force électromotrice du couple servant à la mesure des températures.

II. — Ce phénomène est, comme la discontinuité de la chaleur spécifique au point de Curie, une conséquence du champ moléculaire. La chaleur élémentaire communiquée à l'unité est

$$dQ = C_\sigma dt - (H - H_m)\, d\sigma,$$

où σ est l'aimantation spécifique, C_σ la chaleur spécifique à aimantation constante, H le champ extérieur, H_m le champ moléculaire.

Les mesures magnétiques faites sur la même substance ont montré que, conformément à l'hypothèse primitive du champ moléculaire, celui-ci est proportionnel à l'aimantation : $H_m = n\sigma$. On trouve alors, en s'appuyant sur la théorie du champ moléculaire, pour le phénomène adiabatique,

$$dt = \frac{T}{\theta}\,\frac{n}{2C_\sigma}\, d\sigma^2,$$

où T est la température absolue et θ le point de Curie. L'élévation de température est donc proportionnelle à l'accroissement du carré de l'aimantation.

Mais il convient de faire ici une distinction entre les variations apparentes et réelles de l'aimantation. Au-dessous du point de Curie toute substance ferromagnétique possède, en l'absence du champ extérieur, dans des éléments de grandeur finie, une aimantation spontanée de grandeur déterminée, mais dont la direction est livrée au hasard de la microstructure cristalline. Lorsque le champ agissant sur cette aimantation la fait prédominer dans une direction, il ne fait que rendre apparente une aimantation déjà existante. A cet effet se superpose, en général, une variation réelle de l'aimantation par l'action du champ.

Pour observer le phénomène dans sa pureté, il faut donc opérer au-dessus du point de Curie où, l'aimantation spontanée n'existant pas, toute variation d'aimantation observée est réelle. Le point de Curie du nickel étudié est à 629°, 6 abs. A 634,9° nous avons trouvé, en donnant au champ extérieur les valeurs H,

H	Δt^0	σ^2	$\frac{\Delta t}{\sigma^2}$
7 820.....	0,26	74,5	0,0035
8 780.....	0,32	85,5	0,0037
10 050.....	0,37	100,8	0,0036
14 950.....	0,57	151,0	0,0038

l'élévation de température est donc bien proportionnelle au carré de l'aimantation.

Au-dessous du point de Curie l'aimantation observée résulte de l'addition géométrique de l'aimantation apparente et de l'accroissement d'aimantation réel. A 627,2° on a trouvé

H	Δt^0	σ^2	$\frac{\Delta t}{\sigma^2}$
10 050.....	0,564	229	0,00246
14 950.....	0,742	275,5	0,00269

Le rapport est plus faible que celui trouvé au-dessus du point de Curie. Mais, l'aimantation apparente étant achevée dès le plus faible de ces champs, la différence $\sigma^2_2 - \sigma^2_1$ est une variation réelle du carré de l'aimantation et le rapport des accroissements

$$\frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\sigma^2_2 - \sigma^2_1} = \frac{0{,}742 - 0{,}564}{275{,}5 - 229} = 0{,}0038$$

donne, au degré de précision, la valeur trouvée au-dessus du point de Curie.

III. — Toutes les observations ont été faites avec un retard constant de 25 secondes sur la fermeture ou la rupture du courant d'excitation, imposé par la lenteur de l'établissement et de la disparition du champ. Pendant ce temps la différence de température entre le corps et le milieu diminue et les valeurs observées sont trop petites dans un rapport constant. Néanmoins il est intéressant de calculer le coefficient de la formule donnant dt, en empruntant aux mesures magnétiques $n = 70\,000$ et à l'étude calorimétrique (1) la chaleur spécifique vraie au-dessus du point de Curie, $C_\sigma = 0{,}1256$. On trouve

$$dt = 0{,}00665\, d\sigma^2,$$

valeur 1,8 fois plus grande que celle qui a été observée, ce qui est parfaitement plausible.

Ce nouveau phénomène apporte donc une confirmation frappante de la théorie du champ moléculaire, qui aurait pu le faire prévoir et qui rend compte de toutes ses particularités.

(1) Pierre Weiss et Auguste Piccard. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 25 février 1918, t. CLXVI, p. 352-354.

(1) Weiss, Piccard et Carrard. *Arch. Sc. phys. et nat.*, t. XLIII, 1917, p. 117.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Projets concernant l'utilisation économique du charbon, la production et la distribution électrique en Grande-Bretagne

Divers organismes ont été créés en Grande-Bretagne en vue de l'étude des dispositions qu'il convient de prendre pour éviter le gaspillage actuel du combustible et pour obtenir une meilleure utilisation des ressources hydrauliques du pays. L'un de ces organismes est le Sous-Comité des économies de charbon (Sub-Committee for Coal Conservation), présidé par Lord Haldane, et comportant lui-même un Sous-Comité de la distribution de l'énergie électrique (Sub-Committee electric Power Supply) formé principalement de techniciens. Le sous-comité des Economies de charbon dépend du Comité de la Reconstitution (Reconstruction Committee), lui-même émanation du Ministère de la Reconstitution (Ministry of Reconstruction) à la tête duquel se trouve le Dr Addison. Un autre Comité (Board of Trade Power Committee) émane du ministère de l'Industrie et du Commerce (Board of Trade); il comprend un certain nombre de représentants des entreprises municipales et des sociétés de distribution d'énergie électrique et paraît devoir s'occuper plus spécialement des moyens financiers et administratifs nécessaires à la réalisation pratique des conclusions des autres comités; il est présidé par sir A. Williamson. Enfin, un troisième organisme s'occupe des ressources du Royaume-Uni en houille blanche. — Le Sous-Comité de la distribution de l'énergie électrique a déposé son rapport dès le 7 avril 1917, mais ce n'est que dans le courant de décembre qu'il a été livré à la publicité après approbation du Sous-Comité des économies de charbon. On trouvera plus loin la traduction que M. J. Péridier a bien voulu faire de ce rapport. Cette traduction est précédée d'un commentaire du traducteur ainsi que de quelques remarques qui nous ont été adressées par un ingénieur belge, actuellement en Angleterre, M. O. Steels.

La lecture du rapport préparé par le Comité anglais des économies de charbon est digne d'arrêter sérieusement l'attention de nos compatriotes.

Si un pays essentiellement exportateur comme l'Angleterre s'applique, dès à présent, à rechercher des moyens d'économiser ce précieux combustible, cette question ne devrait-elle pas faire l'objet de nos préoccupations de ce côté-ci de la Manche où la production nationale ne peut suffire normalement à nos besoins?

Le charbon constitue et constituera, plus que jamais après la fin de la guerre, le « pain de l'industrie »; car l'industrie sera de plus en plus obligée de faire appel à la force motrice.

Pour pouvoir lutter avantageusement sur les marchés mondiaux, la France devra se procurer du charbon et surtout du charbon à bon marché pour ne pas grever sa production. Sans illusions possibles, nos forces hydrauliques ne suffiront pas à remplacer le charbon faisant défaut. Nous serons donc obligés de recourir à l'importation.

D'autre part, la crise que nous avons traversée pendant la guerre démontre les dangers auxquels s'expose une nation incapable de trouver sur son propre sol les matières premières indispensables à sa vie économique.

La France continuera donc, après la fin de la guerre, à subir l'obligation inéluctable d'économiser le charbon (1).

L'intérêt national sera alors tellement engagé, que l'économie du charbon ne pourra plus dépendre de la libre volonté de chacun, mais devra résulter d'une coordination d'ensemble mûrement concertée.

Plus qu'en Angleterre, la réalisation d'un programme national de production et de distribution d'énergie constituera un facteur d'économie important.

Ce programme pourra, dans ses grandes lignes, reproduire à peu près identiquement celui exposé dans le rapport anglais; il devra notamment comporter le remplacement, dans la mesure du possible, de nombreuses centrales thermiques créées sur tout le territoire au hasard des besoins par un petit nombre de super-centrales à haut rendement et par des usines utilisant les chaleurs et gaz perdus des industries métallurgiques et minières; il devra, en outre, et c'est là ce

(1) Cette obligation s'imposera d'autant plus que le retour de l'Alsace-Lorraine ne fera qu'accentuer le déficit. Elle aura, comme conséquences heureuses, de restreindre, à égalité de production d'énergie les transports de charbon par voies ferrées maritimes et fluviales et d'améliorer le change vis-à-vis des pays fournisseurs; à égalité de trafic, elle permettra un notable développement de notre production totale d'énergie.

Digitized by Google

qui le différenciera surtout du programme britannique, tenir compte du sérieux appoint constitué par les richesses hydrauliques, dès à présent, disponibles, et prévoir dans un avenir immédiat l'aménagement de toutes celles qui présentent un intérêt économique.

Il est vrai que, au point de vue distribution d'énergie électrique, notre pays, beaucoup plus avancé que l'Angleterre, compte déjà, grâce aux admirables efforts des pionniers de la houille blanche, d'importants réseaux régionaux : la France du Sud-Est, du Sud, du Sud-Ouest, du Centre est couverte de lignes électriques répandant dans les centres industriels et dans les campagnes l'énergie de nos chutes d'eau.

Sans chercher à diminuer l'œuvre déjà accomplie, il est permis toutefois de se demander si les conditions d'établissement de tous ces réseaux répondent entièrement aux desiderata d'un programme national.

Les tensions de distribution, les fréquences des courants alternatifs, parfois même les systèmes sont loin d'être unifiés. Les réseaux voisinent, souvent sans se souder l'un à l'autre pour les secours éventuels. Le développement de certaines lignes s'est fait, sans qu'il ait été suffisamment tenu compte des intérêts de l'ensemble des consommateurs. Enfin, circonstance plus grave pour l'intérêt national, en l'absence de toute étude concertée, plusieurs installations chevauchent les unes sur les autres, en se doublant inutilement, quand elles ne vont pas jusqu'à se faire concurrence.

Que dire de la production et de la distribution de l'énergie électrique, telles qu'elles se font encore dans les régions de la France où n'a pu pénétrer l'énergie hydroélectrique ?

Les efforts dispersés ont abouti, le plus souvent, à composer une véritable mosaïque de réseaux enchevêtrés les uns dans les autres, sans points communs.

Le rapport anglais cite comme typique le cas de Londres : celui de Paris, quoique plus favorable, est loin de la perfection.

La région parisienne compte actuellement environ 14 usines thermiques pour la desservir ; la plupart de ces usines sont équipées avec des unités datant de plusieurs années, à consommation élevée. Le courant électrique affecte la forme monophasée, triphasée, diphasée et, dans certaines parties de la capitale, continue. Les fréquences du courant alternatif sont de 25, 41 2/3, 42 et 50 p : sec, les tensions de distribution 3 000 v, 5 000 v, 10 000 v, 13 000 v et 15 000 v.

Dans un ensemble aussi complexe, les secours réciproques sont forcément précaires, alors que trois centrales seulement, disposées pour s'entr'aider, suffiraient à assurer la sécurité de l'alimentation générale.

Il serait vain de rechercher la responsabilité de semblables situations. L'influence des sociétés gazières qui ont assumé l'exploitation de la distribution de l'électricité dans certaines villes, n'a certainement pas été toujours heureuse et leurs conceptions ont été souvent étroites. Les Sociétés proprement dites de distribution d'énergie ont eu, pour la plupart, des débuts très difficiles, créées successivement au fur et à mesure du développement de diverses clientèles, elles ont été obligées de risquer des capitaux importants sans monopole, ni garantie de durée, parfois sans espoir de bénéfices immédiats ; comment pourrait-on leur reprocher d'avoir pu, dans certains cas, perdre de vue, au profit de leurs propres intérêts, ceux de la région ou même ceux de la Nation que nul ne songeait à défendre ?

Les incoordinations ainsi produites ont, néanmoins, des résultats désastreux au point de vue économie du charbon ; un tel gaspillage doit être désormais considéré comme intolérable et radicalement réprimé.

Quels sont les moyens pratiques à mettre en œuvre ?

Dans un appendice, le rapport anglais examine attentivement les diverses solutions qui peuvent être proposées pour la réalisation d'un système national de production et de distribution d'énergie électrique.

Je ne veux pas rechercher ici la formule la mieux adaptée à nos tendances et à nos besoins.

La question mérite un très sérieux examen ; elle a fait déjà l'objet d'une étude dans les Commissions du Congrès du Génie civil et a donné lieu à un rapport lors de la session qui vient de se tenir. La discussion ne peut être considérée comme épuisée. Il faut espérer, dans tous les cas, que l'esprit public sera assez sage pour écarter radicalement toute formule étatiste et acceptera de prendre équitablement en considération les situations acquises par les diverses Compagnies qui, à l'heure actuelle, se livrent à la distribution de l'énergie électrique.

L'ensemble du problème devra faire l'objet d'une étude très serrée entreprise par un Comité national (1) ; il sera essentiel que ce Comité réunisse tous les intérêts vraiment en jeu et compte non seulement des représentants des administrations publiques et des producteurs et des distributeurs d'énergie, mais encore ceux des consommateurs. La tâche de ce Comité sera, après avoir établi le bilan des richesses naturelles de la France et de ses ressources en charbon, de les combiner au mieux pour réduire le plus possible la consommation du charbon et le prix de revient de l'énergie.

Il convient, à cet égard, que l'on cesse, comme on l'a fait trop souvent, de mettre en opposition systématique la houille blanche avec la houille noire. Il ne peut et il ne doit y avoir de concurrence entre l'une et l'autre. Leur utilisation doit, au contraire, être étudiée de façon à permettre partout et en tout temps une entr'aide aussi efficace et aussi harmonieuse que possible.

Il ne saurait être davantage question d'exclusivité.

Pour déterminer, dans chaque cas, le rôle respectif qui incombe à l'énergie hydroélectrique et à l'énergie

(1) Le Comité national trouverait des auxiliaires précieux dans les offices régionaux d'énergie, dont la création a été récemment proposée par M. l'inspecteur général Tavernier ; il conviendrait toutefois que ces offices englobent dans leurs attributions, non seulement, comme le suggère leur promoteur, les applications de la houille blanche, mais tous les autres moyens de production de l'énergie électrique.

Digitized by Google

thermique, le seul critérium à pendre en considératiou est l'intérêt de la collectivité, collectivité régionale et collectivité nationale.

La presse quotidienne a beaucoup parlé, ces temps derniers, de la constitution d'un sous-secrétariat d'État des Forces hydrauliques. Les vues qui ont présidé à ce projet sont-elles suffisamment larges? Les forces hydrauliques ne sont qu'un des moyens de production de l'énergie et ce moyen est incapable par lui-même de répondre à tous nos besoins. Il est indispensable, pour obtenir une coordination parfaite de tous les moyens dont nous disposons, que leur gestion se trouve dans les mêmes mains. Ne serait-il pas plus logique de confier à un seul organisme — nouveau sous-secrétariat d'État ou, mieux encore, administration déjà existante — le soin d'équilibrer l'utilisation de nos ressources en charbon et de nos richesses hydrauliques en vue de la production et de la distribution de l'énergie électrique?

De toutes façons, cet organisme administratif ne pourra faire œuvre utile que s'il travaille conjointement avec un Comité national composé comme il a été indiqué plus haut.

Quoi qu'il en soit, l'étude d'un programme régional de distribution d'énergie présente, pour nous, le plus haut intérêt immédiat, car demain, lorsqu'il s'agira de réorganiser nos départements envahis, l'énergie électrique se révélera un des facteurs essentiels d'une rapide reconstitution.

Par suite des circonstances, nous nous trouverons alors en présence d'une situation faisant à peu près complètement table rase du passé et telle qu'on n'aurait pu jamais la prévoir. Cette occasion unique ne doit pas être perdue et il faut que les installations entreprises répondent à un véritable programme d'intérêt national.

Dans la « Revue générale de l'Électricité », un ingénieur, M. Jacques a déjà fait ressortir, il y a quelques mois (1), les précieux services que pourrait rendre la pénétration d'un important réseau de distribution d'énergie dans les régions envahies, aussitôt après leur libération. Il esquissait, en même temps, les grandes lignes du système à créer autour de nos centres miniers du Pas-de-Calais et insistait vivement pour qu'aucun retard ne soit apporté à l'approvisionnement du matériel nécessaire.

Ce projet entre intégralement dans le cadre d'un programme national et son exécution devrait, logiquement, en constituer le premier essai de réalisation.

Il faut que tous les ingénieurs, qui ont à cœur la prospérité économique du pays, réunissent leurs instances pour obtenir l'orientation, dans un sens d'intérêt général, des études et des travaux préparatoires déjà entrepris en attendant que la victoire permette de les mener à bonne fin.

J. PÉRIDIER,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

(1) *R. G. E.*, 29 septembre 1917, t. II, p. 481.

1. — Il est certain que les mesures préconisées par le Sous-Comité sont de nature à donner un prix de revient pour l'énergie électrique beaucoup plus bas que celui auquel arrivent les installations ordinaires.

Mais, si les centrales puissantes préconisées sont à même de produire le kilowatt-heure à bon marché, il est à peine besoin de dire que le gain réalisé sur le charbon ne se retrouvera pas intégralement dans le prix de vente du kilowatt-heure que l'on pourra mettre à la disposition des industriels aux fins d'utilisation; celui-ci sera grevé, en effet, des charges d'intérêt, d'amortissement et d'exploitation d'un vaste réseau excessivement onéreux au prix actuel des matériaux.

Aussi le rapport est-il muet sur le prix probable du kilowatt-heure vendu à diverses catégories de clients.

Bien entendu, je reconnais que cette question n'est pas facile à résoudre. Nous admettrons avec le rapport que les projets préconisés sont de nature à permettre une notable réduction des prix pratiqués sous le régime actuel. Il est vrai que ceux-ci sont très élevés et cette qualification s'applique même au chiffre de 1 à 2 d (0,125 fr à 0,25 fr le kw-h) obtenu dans le Lancashire, cité comme le district le plus favorisé actuellement.

Le chiffre de 0,5 d (0,061 fr) cité pour le district de la Clyde, fonctionnant sous le régime des usines interconnectées, aurait été considéré comme exclusif de tout emploi sur grande échelle de l'énergie électrique avant la guerre en Belgique.

C'est donc sous la réserve d'un prix unitaire favorable pour l'énergie électrique vendue au client que l'on peut admettre l'affirmation du rapport que « le moteur industriel le plus approprié est actuellement le moteur électrique ».

Ce prix unitaire peut être, bien entendu, différent d'après la nature de l'industrie et l'importance que prend la valeur de la force motrice dans le prix de revient du produit fabriqué. En tout cas, une marge suffisante par rapport à la valeur supputée ou estimée à laquelle l'énergie mécanique peut être fabriquée directement sur place doit exister afin de couvrir l'industriel contre les aléas d'un contrat, vaincre les préférences personnelles, etc.

L'expérience prouve que l'industriel ignore en général le prix auquel revient l'énergie qu'il produit lui-même et n'y prend d'ailleurs aucun intérêt. Si nécessité il y a, il le fait établir au jugé. C'est ce qui explique la difficulté que l'on éprouve pour se mettre d'accord sur la valeur à attribuer au prix du kilowatt-heure utilisable dans les usines et le fait que le problème est discuté de temps en temps dans des communications aux Sociétés d'ingénieurs.

Le numéro de novembre 1917 du « Journal of the Institution of mechanical Engineers » publie le compte rendu d'une discussions de ce genre. On donne parfois des règles d'appréciation dites pratiques n'ayant aucune signification scientifique, mais intéressantes. Ainsi des auteurs anglais estiment qu'il faut compter une dépense de 10 £ (250 fr) par an pour chaque cheval installé dans

Digitized by Google

l'industrie textile, le charbon étant à 12 shellings (15 fr) la tonne. Donc une usine qui possède une machine à vapeur moderne de 400 ch peut compter qu'elle aura à débourser 4000 £ (100 000 fr) par an. En Suède on ne compte que 50 shellings (62,50 fr) par kilowatt installé pour évaluer la valeur commerciale de l'énergie fournie soit quatre fois moins. L'avantage des installations hydro-électriques est donc énorme.

Pour les industries consommant des quantités d'énergie considérables — comme les laminoirs, les usines métallurgiques, etc. — nous trouvons des données récentes dans le rapport de la « Society of Metals », résultats d'une enquête faite auprès de métallurgistes anglais. — On y cite le chiffre de 0,35 d (0,044 fr) par kilowatt-heure pour que l'application de la transmission électrique puisse être jugée commercialement intéressante dans ces industries.

Pour montrer combien l'accord se fait difficilement sur ce genre de questions, j'ajouterai qu'un grand industriel objecte qu'il ne voudrait examiner une application de ce genre dans ses usines que si le prix de vente du kilowatt-heure est inférieur à 0,15 d, soit donc une marge d'appréciation de 1 à 2,5 environ.

C'est à mon avis sous la même réserve d'un prix de vente favorable du kilowatt-heure qu'on peut admettre la référence faite dans le rapport relativement à l'électrification des chemins de fer, laquelle se complique en plus de problèmes techniques dont la solution est loin d'être complète.

Au point de vue technique, on peut qualifier le rapport « d'optimiste » dans le bon sens du mot. Il faut cependant reconnaître qu'il se montre très réservé au sujet du problème de la gazéification économique du charbon sur lequel tant d'espérances sont fondées.

Quoi qu'il en soit, il est certain que les applications de l'énergie électrique se sont répandues beaucoup en Angleterre pendant la guerre, d'abord en raison de la situation relativement arriérée de l'industrie de la production de l'énergie et ensuite sous la pression des événements. La question économique, dans son sens étroit tout au moins, c'est-à-dire dans la considération exclusive du prix de vente du kilowatt-heure est passée au second plan.

On est frappé de voir, dans les périodiques, les annonces relatives aux terrains industriels mis en vente, faire à présent état du rayon de distribution électrique dans lequel ils se trouvent et citer le prix de 0,5 d le kilowatt-heure comme prix favorable de nature à mettre le terrain en valeur au point de vue industriel.

2. — Pour donner une idée de la manière dont certains journaux quotidiens anglais ont traité la question, je résume ci-dessous un article que j'ai trouvé dans le « Daily News » de Londres.

« Le rapport de lord Haldane montre que les problèmes de reconstitution industrielle ne sont pas envisagés sous un point de vue hésitant et rétrograde.

» Comme le rapport l'expose, aucune question n'a une importance aussi vitale en ce qui concerne le développement industriel du pays et la conservation de ses richesses naturelles que celle de la génération et de la distribution de l'énergie électrique. On n'a pas exploité jusqu'ici ni dans la production, ni dans l'application de cette source d'énergie toutes les ressources de l'électricité, cet agent puissant et souple de transformation. La description faite dans le rapport de lord Haldane de la part jouée par l'électricité dans les grands chantiers de la Tyne et de la Tweed et dans les ateliers de munitions qui couvrent à présent l'Angleterre et l'Ecosse suggère quelques-unes des possibilités que l'application de l'énergie électrique sur une vaste échelle permet d'entrevoir. Cependant, on ne doit pas oublier que, si des évolutions peu sensationnelles bien que bénéficiaires sont à attendre de l'extension de l'emploi de l'électricité dans l'agriculture ou dans les travaux domestiques, une évolution beaucoup plus profonde peut résulter de l'application de l'énergie électrique fournie à très bon marché à une multitude d'industries, en rendant possible la renaissance et la restauration du petit atelier industriel avec une demi-douzaine de machines-outils sous la surveillance immédiate du petit patron.

» Dans certaines industries, le retour à cet état de choses peut être considéré comme un progrès social.

» Cependant, ces résultats sont plutôt à considérer comme secondaires devant les conséquences primordiales que peuvent entraîner les vastes projets esquissés par lord Haldane. La proposition que le charbon soit utilisé pour la production de l'électricité dans le voisinage des puits, au lieu d'être transporté à quelques milliers de stations génératrices de capacité limitée et situées à quelque cent miles des mines est basée sur une conception sage, simple et fondamentale qui a été tenue en échec dans le passé, non parce qu'elle était disputée et mise en doute, mais parce que nos entreprises électriques se sont créées sans relations entre elles, au gré de besoins locaux et limités. La proposition d'établir seize puissantes usines génératrices en des endroits convenablement choisis dans le voisinage des régions charbonnières du Royaume-Uni alimentant un vaste réseau de distribution procède d'une conception large et hardie. Le gouvernement s'est engagé, comme de juste, à entreprendre un examen sérieux des propositions de lord Haldane. Il est à espérer qu'il ne suivra pas les suggestions du rapport qui recommandent que les grandes stations centrales seront propriété privée.

» L'imposition de certaines mesures de contrôle par les pouvoirs publics ne suffirait pas, en effet, pour réconcilier la masse avec l'idée de la création d'un vaste monopole à une époque où la nationalisation des mines, des chemins de fer et d'autres grands services publics, est demandée avec une insistance croissante.

» Sur ce point, le comité de lord Haldane a étrangement méconnu l'esprit du temps présent. »

La question semble donc être posée, non seulement devant les cercles intéressés ou compétents, mais même devant l'opinion publique.

Digitized by Google

Ce rapport aura donc certainement des conséquences qu'il sera important de suivre surtout dans leurs développements administratifs.

A mon avis, c'est la détermination du régime sous lequel la nouvelle organisation sera appelée à fonctionner qui est le problème le plus ardu à résoudre.

3. — Un rapport d'une autre commission, le « Fuel Research Board », c'est-à-dire le Comité des combustibles, paru en octobre 1917, touche également la question de la production de l'énergie électrique; je traduis le passage relatif au problème qui nous occupe.

« Les électriciens croient que l'avenir de l'industrie anglaise sera affecté grandement par le prix auquel l'énergie électrique pourra être livrée. Il a été proposé, par exemple, que des usines électrochimiques soient installées pour obtenir des produits qui, dans le passé, ont été fabriqués par les pays où l'énergie hydro-électrique était bon marché. Dans cet ordre d'idées, il a été suggéré que le prix de revient de l'énergie électrique provenant du charbon serait réduit de beaucoup si, au lieu de brûler celui-ci directement sous les chaudières, il était gazéfié et carbonisé, opérations qui donneraient, en sus du gaz, des sous-produits de valeur.

Des estimations plausibles ont été produites montrant les bénéfices sérieux qui pouvaient être réalisés dans cette voie.

Malheureusement, ces avis reposent sur peu d'expérience et de connaissances approfondies en la matière.

D'un autre côté, ceux qui par l'expérience et la pratique sont le mieux qualifiés pour juger cette question hésitent à prophétiser le résultat économique d'une combinaison de ce genre.

Le rapport de ce comité conclut par la description d'une station d'essai à grande échelle qui va être érigée à l'usine de la South Metropolitan Gas Cy à Londres.

On peut espérer que les résultats les plus importants sortiront de ces recherches industrielles.

O. Steels,
Professeur à l'Université de Gand.

Oxford, janvier 1918.

RAPPORT SUR LA PRODUCTION ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE ÉTABLI PAR LE SOUS-COMITÉ DU COMITÉ DE RECONSTITUTION (1)

Avant-propos du Dr Addison, ministre de la Reconstitution.

Ce rapport, qui a été présenté au Comité de Reconstitution, a été établi pour éclairer le public, et il y a lieu d'espérer que la question très importante qui en fait l'objet recevra l'attention qu'elle mérite de tous ceux qu'elle peut intéresser.

Certains des sujets traités dans ce rapport concernent les municipalités et les pouvoirs publics. Le gouvernement les étudiera dans leurs détails avant de les introduire devant le Parlement. Au point de vue législatif, toute la question est examinée par un Comité nommé par le « Board of Trade » et présidé par sir A. Williamson M. P.

Lord Haldane, qui fait partie du Sous-Comité des Economies de charbon, a présenté en ces termes le rapport au premier ministre :

Le Sous-Comité des Economies de charbon a discuté et donné son approbation provisoire au rapport ci-joint préparé par le Sous-Comité désigné pour examiner la question de la génération et de la distribution de l'énergie. En me soumettant ce rapport, le Sous-Comité a attiré mon attention sur les observations suivantes :

La question de l'économie du charbon, telle qu'elle se pose pour le Sous-Comité, n'est autre que celle de l'économie de combustible dans la production de la force motrice et des autres formes d'énergie.

La consommation de charbon correspondante est si élevée et l'économie qui pourrait y être introduite si considérable que, au point de vue national, il est de première importance que des mesures soient prises sans retard.

A vrai dire il est à peine possible d'exagérer l'importance nationale que présente l'étude d'un système techniquement rationnel de la production de l'énergie électrique parce que le problème du développement industriel du pays y est intimement lié et ce développement dépend, en grande partie, de la quantité d'énergie disponible par tête d'ouvrier travaillant dans les industries faisant appel à la force motrice.

Afin de résoudre ce problème, il est nécessaire, d'abord, de définir les conditions essentielles de la génération et de la distribution de l'électricité, conditions qui sont les facteurs de l'utilisation économique de l'énergie électrique. C'est cette question qui est traitée dans le rapport du Sous-Comité.

En ce qui concerne la génération, les conditions essentielles d'économie mises en évidence par le rapport sont les suivantes :

Les usines de production doivent être de puissance considérable et établies en des endroits où l'eau est abondante, les transports faciles et le combustible à proximité. Les emplacements qui leur seront réservés doivent être étendus de façon à permettre, non seulement l'établissement de grandes stations génératrices subdivisées, mais encore l'érection d'installations permettant la récupération des

(1) Ce rapport a été présenté à lord Haldane, président du Sous-Comité des Economies du charbon, et porte la signature de MM. C.-H. Merz, W.-A. Bone, Guy Calthrop, J. Kemp, Sir R.-A.-S. Redmayne et M.-C.-P. Sparks. Il est actuellement soumis à l'étude du Board of Trade Power Committee

M. C.-H. Merz est un ingénieur conseil électricien occupant une situation privée très en vue, auteur de nombreux projets d'électrification pour les districts du nord-est de l'Angleterre; il vient d'être nommé directeur des Inventions au ministère de la Marine. M. Sparks est également un ingénieur conseil électricien très renommé. Le professeur Bone est directeur du département technologique de l'Imperial College. M. Redmayne est un haut fonctionnaire des Mines, occupant une situation officielle considérable.

Digitized by Google

sous-produits du charbon et, accessoirement, celle d'usines électrochimiques consacrées à des fabrications qui n'ont pas encore été développées dans ce pays.

En ce qui concerne la distribution, le rapport pose comme conditions essentielles d'économie qu'elle doit dans chaque région prendre la plus grande extension possible, dépendre d'une seule autorité, répondre aux besoins les plus variés et desservir les centres populeux d'activité industrielle. Ces résultats ne pourront être atteints qu'au moyen de systèmes de distribution reliés les uns aux autres, recueillant les énergies disponibles de toute origine, telles que chaleur et gaz perdus, fournissant l'énergie électrique partout où elle est nécessaire et permettant l'emploi dans les centrales de charbons actuellement sans utilisation ou abandonnés dans les mines parce qu'ils ne peuvent supporter les charges de transport.

Enfin, tant au point de vue génération que distribution, il est indispensable que tout le système soit soumis à la surveillance générale et au contrôle de la seule autorité d'une Commission de l'électricité.

Pour réaliser ces conditions, il faut qu'il existe une politique s'étendant à tout le pays, et cela est heureusement possible, plus que dans tout autre pays, par suite de la concentration de nos centres industriels et de leur proximité les uns des autres.

Le Sous-Comité des Économies de charbon estime qu'il doit attirer spécialement l'attention sur le caractère national que doit présenter cette politique parce que, comme le montre le rapport, le développement historique de la production de l'énergie électrique dans ce pays, durant les trente dernières années, a présenté, en principe, un caractère local et il doit être mis fin à un tel état de choses.

Il y a lieu, cependant, de ne pas perdre de vue que, quels que soient les conflits pouvant prendre naissance entre les intérêts des entreprises locales qui existent à l'heure actuelle et ceux d'un système d'ensemble, il n'en pourra exister aucun entre les intérêts de la communauté locale et ceux de toute la nation. Les intérêts individuels de chaque consommateur d'énergie électrique sont liés à l'établissement d'un système favorisant le développement progressif de tous les besoins de la communauté en énergie électrique.

Malheureusement, la réalisation d'un tel système de distribution d'énergie est compliquée et entravée par la nécessité d'utiliser au mieux les installations existantes. Le Sous-Comité des Économies de charbon pense, cependant, que la politique regrettable du passé ne peut constituer un obstacle pourvu que, en toute justice, une compensation légitime rémunère les droits existants et qu'une solution équitable liquide les obligations financières correspondantes. Sous réserve de ces limitations, il doit être possible de développer le programme d'un système d'ensemble de production et de distribution d'énergie électrique dans des conditions techniquement et commercialement satisfaisantes.

Sommaire des principales questions traitées dans le rapport et ses conclusions.

1. — La consommation de charbon pour la force motrice dans le Royaume-Uni atteint actuellement 80 000 000 t par an et représente une valeur, au carreau de la mine, de 40 000 000 £ (1 050 000 000 fr).

2. — Dans la réorganisation industrielle qui doit se produire après la fin de la guerre, le développement ultérieur de la force motrice sera une question de grande importance. La quantité de force motrice actuellement utilisée par ouvrier en Grande-Bretagne est seulement la moitié de celle correspondant aux États-Unis d'Amérique. De grandes puissances électriques seront nécessaires pour le développement et la réalisation de fabrications qui ne sont pas encore entreprises dans notre pays. Des fabrications nécessitant actuellement plusieurs millions de chevaux en Amérique, Norvège, Suède, Allemagne..., pourront être facilement montées ici, et même, étant donné le désir que nous avons de fabriquer dans l'Empire tous les produits essentiels, il est indispensable qu'elles le soient.

3. — C'est seulement en augmentant considérablement la puissance employée dans l'industrie (en la doublant ou plus encore) que la production moyenne par tête (et par suite les salaires) pourront être augmentés. La puissance disponible par tête et les salaires de la période d'avant-guerre étaient beaucoup trop bas.

4. — L'électricité est le moyen le plus efficace pour donner à l'industrie la force motrice qui lui est indispensable.

5. — La production économique de l'énergie électrique ainsi nécessaire est de grande importance et la première question qui se pose est de savoir si la plus grande économie sera atteinte, soit au moyen d'usines individuelles ou locales produisant l'énergie correspondant aux besoins individuels, soit au moyen d'un système d'ensemble.

6. — Techniquement et économiquement, dans toutes les parties du monde, il y a avantage à produire l'énergie électrique dans des systèmes d'ensemble, ainsi qu'il est facile de le prouver d'après l'expérience des installations existant, notamment, à Chicago (Illinois), sur la côte nord-est de l'Angleterre, dans le Rand et dans certaines régions industrielles de l'Allemagne.

La production de l'énergie dans de grandes super-centrales, avec des unités génératrices de 50 000 ch et plus, sera non seulement beaucoup plus économique que dans un grand nombre de petites centrales, mais entraînera en fin de compte une diminution très considérable du capital immobilisé, en permettant de réaliser une charge plus favorable et une utilisation plus efficace de la centrale. De semblables super-centrales, si leurs emplacements sont bien choisis, rendront possible dans la mesure où l'économie le commande, l'extraction sous forme d'huiles, essences, etc., des sous-produits du charbon, avant son utilisation, ce qui réduira d'autant leur importation.

7. — Les super-centrales seront raccordées au système principal de distribution qui doit être établi sur tout le pays. Dans ce but, le territoire britannique doit être divisé en seize régions comportant chacune une seule fréquence et une seule tension de distribution principale.

8. — Le réseau de distribution principale rassemblera toutes les puissances perdues disponibles, quelles que soient leurs provenances, et transportera l'énergie partout où elle sera nécessaire.

Il permettra, en économisant ses dépenses de transport, d'utiliser commercialement une grande quantité de charbon qui, jusqu'à présent, a été sans emploi et, par suite, est laissé au fond des mines. Ce charbon servira ainsi à produire de l'énergie électrique au droit ou aux environs des puits de mine.

9. — Si la fourniture de l'énergie électrique est réalisée dans le Royaume-Uni selon un programme aussi général, en faisant état des derniers progrès de la technique de l'ingénieur, l'économie de charbon dans toute la contrée atteindra environ 55 000 000 de tonnes (1) par an sur la

(1) Ce chiffre ne tient pas compte de l'économie dans la consommation du charbon domestique que permettrait la réalisation d'un système d'ensemble de distribution de l'énergie électrique.

Digitized by Google

totalité de la consommation actuelle des manufactures.

10. — Si le charbon ainsi économisé était utilisé pour la production d'une puissance supplémentaire, il permettrait de produire de façon continue environ 15 000 000 ch (ce qui équivaut à 131 400 000 000 ch-h) compensant en partie l'absence de grandes chutes d'eau et rendant possible la fabrication de plusieurs produits provenant actuellement de l'Amérique ou du Continent.

11. — Le développement d'un tel programme peut être rapproché de celui des chemins de fer et il est tout aussi impossible d'obtenir de l'énergie à bon marché au moyen d'usines locales travaillant indépendamment, ce qui est le cas aujourd'hui, que de pouvoir exploiter avec un bon rendement un réseau de chemins de fer dont les lignes appartiendraient à chaque commune, les transports à longue distance ne pouvant être effectués qu'au prix d'accord établis séparément entre elles. L'histoire montre que, dans les premières époques de leur développement, les chemins de fer ont subi les mêmes fusions progressives qui s'imposent aujourd'hui pour les réseaux de distribution d'énergie.

12. — Actuellement, la distribution du courant est assurée dans notre pays par plus de 600 établissements desservant autant de régions distinctes; cela est techniquement une erreur et commercialement anti-économique. La puissance moyenne des stations génératrices est seulement de 5 000 ch, soit environ le quart de ce qui devrait être maintenant la puissance de la plus petite unité génératrice dans une station centrale.

La législation du « Power Act », inaugurée il y a quelque quinze ans, n'a pas donné le résultat désiré, en raison des restrictions imposées aux Compagnies de distribution d'Énergie.

13. — Un système national de distribution d'énergie faciliterait considérablement l'électrification des chemins de fer et permettrait de bénéficier de tous les avantages qui l'accompagnent, d'économiser les sommes considérables dépensées pour le transport et la répartition du charbon et mettrait à la disposition de la communauté une plus grande quantité d'électricité pour les applications domestiques, ce qui est un avantage encore plus considérable que l'économie de charbon elle-même.

Rapport du Sous-Comité [1].

I. — La consommation du charbon en Grande-Bretagne. — Le tableau suivant donne la production annuelle du charbon et montre la proportion de la consommation correspondant aux besoins industriels. En 1913, la consommation nationale était de 189 000 000 t et il est estimé qu'aujourd'hui la production de l'énergie, y compris les chemins de fer, absorbe au moins 80 000 000 t.

Tableau I. — *Production et consommation du charbon en 1903 et 1913 d'après les publications du Home Office de 1904 et 1914.*

	1903	1913		
	poids en tonnes	poids en tonnes	valeur en livres à 10 s la tonne (1)	valeurs en francs à 12 fr. 50 la tonne
Production totale des mines.....	230 334 469	287 430 473	145 535 669	3 783 727 394
Quantité réservée pour la consommation nationale (non compris le charbon de soute pour le commerce avec l'étranger).	166 529 120	189 092 369	94 546 185	2 458 200 810

(1) La valeur serait actuellement plus considérable; il est peu probable qu'elle diminue, tout au moins d'ici plusieurs années; l'importance de l'économie à réaliser dépasserait donc encore celle qu'indiquent les chiffres ci-dessus.

Le tableau ci-après précise l'évalution de la consommation nationale du charbon en 1903, d'après les chiffres figurant dans le rapport de la Commission du charbon. La consommation de 1913 a été calculée, à défaut de données plus précises, d'après les augmentations au prorata.

Tableau II. — *Répartition de la consommation nationale.*

	1903 TONNES	1913 TONNES
Chemins de fer.....	13 000 000	15 000 000
Bateaux de cabotage (soutes)....	2 000 000	2 500 000
Manufactures.....	53 000 000	60 000 000
Mines, métallurgie de l'acier et du fer.....	28 000 000	31 000 000
Autres métaux et minerais.....	1 000 000	1 250 000
Briqueteries, poteries, verreries et usines chimiques.....	5 000 000	5 750 000
Usines à gaz.....	15 000 000	18 000 000
Charbons domestiques.....	32 000 000	38 000 000
Total.....	167 000 000	189 000 000

La consommation actuelle des mines est de 18 168 811 t.

L'importance de ces chiffres montre l'intérêt que présente l'économie du charbon dans la consommation domestique, intérêt d'autant plus grand que la quantité de charbon disponible dans le Royaume-Uni n'est pas illimitée.

Le professeur Bone, dans une lecture à la Royal Institution, a dit : « On a beaucoup écrit sur la durée probable de la production du charbon en Grande-Bretagne. La question a été étudiée par deux commissions royales. La première, qui a été organisée à la suite de l'importante publication de feu le professeur Jevons sur la question du charbon en 1865, établit un rapport en 1871; le rapport de la seconde date de 1905. Depuis cette époque, le docteur Strahan, directeur du Service géologique, a publié dans les comptes rendus du Congrès international géologique de 1913 une nouvelle évaluation et, plus récemment encore (1915), le professeur H. Stanley Jevons, reprenant l'œuvre de son père, a publié une autre estimation dans son livre remarquable sur la « Production du charbon en Grande-Bretagne ». Ces estimations sont résumées dans le tableau suivant.

(1) Les sous-titres insérés dans le texte n'existaient pas dans la publication originale (note du traducteur).

Digitized by Google

TABLEAU III. — *Évaluation des réserves de charbon anglais existant dans une couche d'une profondeur de 1 200 m.*

	MILLIONS DE TONNES
Première Commission Royale 1871	146 480
Deuxième Commission Royale 1905	141 635
Dr Strahan 1912	178 727
M. H. S. Jevons 1915	197 000

Le professeur H.-S. Jevons, qui considère comme sous estimée l'évaluation du Dr Strahan, donne 197 000 000 000 t. comme un maximum pour une couche de 1 200 m de profondeur.

En adoptant ce chiffre comme une limite supérieure et en déduisant 15 pour 100 comme perte à la mine, c'est-à-dire pour le charbon abandonné pour une raison ou une autre sur le tas, nous obtenons comme quantité de charbon effectivement disponible à la surface, 168 000 000 000 t, soit 580 fois notre production annuelle actuelle.

Le point le plus sérieux, cependant, de la question du charbon pour la Grande-Bretagne, n'est pas de savoir combien de temps nos réserves peuvent durer, en admettant la persistance très probable de la tendance à l'augmentation de nos productions annuelles présentes — cela est une question tout à fait académique — mais de déterminer combien de temps nous pourrons continuer à avoir du charbon à un prix tel que notre nation ne se trouve pas dans une situation défavorable par rapport à ses compétiteurs les plus voisins (1). A ce point de vue, surtout si on tient compte des lourdes charges que les impôts de guerre feront subir au commerce et à l'industrie, il est de première importance de rechercher toutes les économies possibles non seulement dans la production, mais encore dans le transport et l'utilisation du charbon.

2. — LES PROGRÈS DE L'INDUSTRIE ET LEURS EFFETS SUR LA CONSOMMATION DU CHARBON. — La consommation moyenne en charbon par cheval-heure a à peu près diminué de moitié durant les vingt-cinq dernières années. Malgré cela, la consommation totale a augmenté. Si on considère l'avenir probable réservé au développement des industries britanniques, ce n'est pas tant en restreignant notre consommation totale qu'en augmentant notre production industrielle pour une consommation donnée que l'on pourra améliorer la situation. Si ce résultat n'est pas atteint, nous serons contraints, soit de doubler notre production de charbon, soit de supprimer nos exportations. Par contre, avec la consommation actuelle de charbon, on pourrait, s'il était employé économiquement, produire trois fois plus de puissance.

Si on envisage l'avenir, on peut admettre, croyons-nous, que non seulement la production industrielle continuera à augmenter, mais aussi que l'usage de la force motrice tendra de plus en plus rapidement à remplacer, ou pour le moins à suppléer, les forces de l'homme. De toute évidence, l'augmentation de la prospérité commerciale d'un pays, c'est-à-dire le pouvoir moyen d'achat d'un individu, dépend de l'accroissement de la production par individu. Si les salaires augmentent simplement en augmentant les prix de vente du marché national, on ne peut pas dire qu'il y ait un progrès effectif; et augmenter les prix de vente sur les autres marchés du monde, marchés neutres et marchés qui nous sont ouverts, est à peine possible en raison de la concurrence internationale.

Le seul moyen d'augmenter la prospérité consiste à augmenter la production nette par tête d'ouvrier employé.

3. — RELATION ENTRE LA PRODUCTION INDIVIDUELLE ET LE DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DE LA FORCE MOTRICE. — Cette production nette représente l'augmentation de valeur en argent due à l'intervention industrielle; elle s'obtient en déduisant, du prix de revient d'un article déterminé à l'usine, le prix des matières premières employées dans sa fabrication. Les chiffres relatifs à la production en gros sont sujets à erreur par suite de double emploi possible, mais ceux relatifs à la production nette par ouvrier sont exempts de cette erreur, tout au moins dans une proportion moins considérable. En fait, l'office statistique des États-Unis présente à ce sujet la remarque suivante. « Les statistiques de l'augmentation de valeur due à l'intervention industrielle offrent un intérêt particulier parce qu'elles sont presque entièrement exemptes du double emploi qui intervient dans l'évaluation totale des produits. »

Dans le Royaume-Uni, en 1907, d'après le Relevé de la Production, la production moyenne nette par ouvrier était de 102 £ (2 550 fr) par an, et comme ce chiffre comprend non seulement le salaire de l'ouvrier, mais toutes les charges d'établissement, y compris l'intérêt du capital, il ressort que le salaire moyen doit être bien inférieur à ce chiffre, soit probablement la moitié. Il est possible d'augmenter la production nette par ouvrier en obtenant un travail plus intense de la part de chaque individu, mais le moyen qui semble devoir être le meilleur consiste à augmenter la production par l'emploi de machines destinées à multiplier l'effort individuel.

Le tableau IV, p. 435, tiré du Relevé de la Production montre combien la production dépend de l'emploi de la force motrice.

Aux États-Unis, la quantité de puissance utilisée par ouvrier est 56 pour 100 de celle afférente au Royaume-Uni; si on éliminait les ouvriers appartenant à des industries consommant peu ou pas de force motrice, nous trouverions que, aux États-Unis, l'usage de la force motrice, lorsqu'elle peut être employée, est près du double de ce qu'il est ici.

D'un autre côté, non seulement les salaires y sont plus élevés, mais les conditions générales de la vie y sont meilleures.

Il est peu douteux que, aux États-Unis, la puissance d'achat individuelle soit supérieure à celle de notre pays et cela est dû, en grande partie, à l'usage plus considérable de la force motrice qui augmente la capacité des pouvoirs individuels. Le meilleur remède contre les salaires inférieurs est l'augmentation de la force motrice, ou bien, en se plaçant au point de vue de l'employeur, le seul remède contre l'augmentation du prix de la main-d'œuvre est la diffusion de l'usage de la force motrice. Ainsi, les solutions du problème ouvrier et celles du problème patronal sont les mêmes, c'est-à-dire l'extension aussi grande que possible de l'emploi de la force motrice. De là l'importance de jour en jour plus considérable que présente la production à bon

(1) Le prix moyen du charbon à la mine a augmenté durant la période 1897-1910 d'environ 38 pour 100. Dans un pays industriel comme le nôtre, l'usage économique du charbon dans les applications industrielles présente une importance particulière en raison de l'influence du charbon sur les prix de revient.

Digitized by Google

Tableau IV.

PRODUCTION MOYENNE NETTE PAR TÊTE EN FRANCS	PROPORTION EN CENTIÈMES		PUISSANCE EN CHEVAUX DES MACHINES EMPLOYÉES DANS LES MANUFACTURES POUR 100 OUVRIERS	
	des hommes sur tous ceux employés	des femmes sur toutes celles employées	dans tous les établissements	dans les manufactures
Au-dessous de 1 250 fr.	31,9	68,1	21	92
de 1 250 fr à 1 875 fr.	40,0	60,0	50	67
de 1 875 fr à 2 500 fr.	72,4	27,6	97	118
de 2 500 fr à 3 125 fr.	90,2	9,8	100	189
de 3 125 fr à 3 750 fr.	98,0	2,0	266	269
de 3 750 fr à 4 375 fr.	64,0	36,0	81 (1)	89 (1)
de 4 375 fr à 5 000 fr.	92,0	8,0	215	221

(1) Ce chiffre faible provient de ce que la catégorie correspondante comprend des industries, comme celle du tabac, où une grande proportion de travail féminin est employée.

marché de l'énergie avec la plus grande économie de combustible (1).

4. — Avantages présentés par le moteur électrique pour la force motrice. — Dans les quinze dernières années, il a été démontré de façon péremptoire que le moteur électrique est la solution la plus économique pour les applications industrielles de la force motrice; son rendement élevé le met, pour ce qui concerne la commande des ateliers, bien au-dessus de tous les autres moyens. Dans les usines de fabrication de munitions mises en service pendant la guerre, 95 pour 100 des machines sont entraînées au moyen de l'électricité et certainement, dans peu de temps, toute la force motrice sera ainsi produite. Le problème n'est pas tant de savoir comment la force motrice peut être appliquée à un outil ou à une fabrication déterminée, mais de rechercher les moyens de produire le mieux possible l'énergie électrique.

5. — Production économique de l'énergie électrique. Méthode collective et méthode individualiste. — Actuellement, en Grande-Bretagne, comme nous n'avons ni chutes d'eau ni pétrole, ni gaz naturels en quantité suffisante, le problème revient à savoir comment il est possible de produire l'énergie électrique le plus économiquement au moyen du charbon. D'une façon plus générale, il y a deux méthodes qui s'offrent comme alternatives et qui peuvent être désignées sous le nom de méthode individualiste et de méthode collective.

Dans le premier cas, chaque manufacture produit sa propre énergie, généralement dans une station génératrice installée au milieu de ses bâtiments; dans le second, les besoins d'un grand nombre d'individus, en fait, de la collectivité, sont groupés et satisfaction leur est donnée collectivement

a) *Méthode individualiste.* — Avec la méthode individualiste, les emplacements des machines ainsi que de la station génératrice, à vapeur ou à gaz, sont rarement choisis en vue de faciliter la manutention de charbon et des mâcheffers; rarement l'eau y est suffisamment abondante, et pourtant c'est là une condition essentielle pour l'utilisation économique du charbon dans les centrales thermiques modernes. Les stations génératrices sont petites, ne marchant que pendant une faible partie de la journée, selon l'horaire de travail de l'usine. Par suite, les charges de capital prennent une importance exceptionnelle, proportionnellement au prix du combustible; d'où une tendance à utiliser des stations dont le prix de revient d'installation soit le meilleur marché possible, mais moins économique comme exploitation, afin de réduire le capital investi, par suite, augmentation de la dépense de combustible. Il est impossible, dans de semblables conditions, de disposer d'un personnel technique compétent, car la dépense annuelle du combustible n'est pas suffisante par elle-même pour couvrir les frais qui pourraient être engagés en vue de réduire la consommation de charbon, même dans une proportion considérable.

b) *Méthode collective.* — Avec la méthode collective faisant face simultanément aux demandes d'un grand nombre d'usines, relevant d'industries différentes, les conditions sont tout autres. L'économie résultant du transport de l'énergie électrique sur une grande échelle permet de choisir pour la centrale une situation répondant aux conditions essentielles à l'économie : eau abondante et facilités de transport.

Le groupement des charges permet l'emploi d'unités de grande puissance ce qui, comme nous le verrons, est indispensable pour l'économie. D'autre part, les besoins des usines individuelles et des autres consommateurs ne coïncident pas dans le temps; la charge par suite est plus régulière, le nombre d'unités en service peut être mieux adapté pendant toute la durée de la journée aux variations de la charge.

Il en résulte, que la centrale, bien que sa charge d'un moment à l'autre de la journée varie dans des proportions considérables, peut être exploitée avec le maximum d'économie pendant les vingt-quatre heures. Dans les grandes centrales, par suite de la non-coïncidence des besoins des diverses usines alimentées, la quantité d'énergie produite par cheval installé est augmentée. La dépense de combustible devient le facteur prédominant dans le prix de revient de l'énergie et l'installation des centrales les plus économiques se trouve entièrement justifiée.

Plus la centrale travaille près de la pleine charge pendant toute la journée, plus il est avantageux de rechercher le maximum d'économie de charbon pour réduire le prix de la

(1) Si la force motrice reste à un prix élevé, il doit y avoir nécessairement une tendance générale à développer les industries où la production par tête est petite plutôt que celles, comme par exemple les industries électrochimiques, où la production par tête est grande, et pourtant ces industries prennent de jour en jour une importance nationale plus considérable.

Digitized by Google

production du courant, plus les charges sont groupées, mieux la centrale est utilisée. Par suite, dans la méthode collective, la tendance naturelle est d'économiser le plus possible le charbon ; au contraire, la méthode individualiste favorise l'économie du capital au détriment du charbon, surtout lorsqu'il s'agit de pays comme l'Angleterre, où le charbon est relativement bon marché. Il est bien connu — et le fait est d'ailleurs incontesté — que les nations où le charbon est le plus cher ont cherché à réaliser les groupes générateurs les plus économiques. L'exemple le plus frappant est celui de la Suisse qui a étudié et employé, bien avant l'Angleterre, les machines à vapeur les plus économiques.

Répercussion de la guerre sur la production et la distribution de l'énergie électrique. — Actuellement, il est indispensable que des mesures soient prises, aussitôt que possible, pour la manufacture dans le Royaume-Uni, de plusieurs produits nécessaires au développement de la communauté industrielle, produits qui n'y sont pas encore fabriqués, et qui exigent de grandes quantités d'énergie à des prix de revient très bas.

Dans plusieurs autres pays, ces produits sont obtenus au moyen de l'énergie hydro-électrique ; celle-ci fait presque totalement défaut en Angleterre, mais, ainsi qu'il sera vu plus loin, si nous savons utiliser économiquement la quantité de charbon actuellement employée, nous pouvons disposer d'une quantité d'énergie supérieure à celle actuellement disponible dans d'autres pays, comme la Norvège et la Suède.

Dans tous les cas, après la fin de la guerre, il sera nécessaire d'établir des centrales pour produire l'énergie à bon marché et permettre d'entreprendre ces fabrications. Il y aura toute opportunité alors pour combiner ces centrales avec celles nécessaires pour la fourniture générale de l'énergie dans tout le pays. Le prix de revient de l'énergie sera réduit ainsi au minimum pour l'une et l'autre application, et, ce qui est peut-être encore plus important, une grande quantité de charbon deviendra ainsi disponible et permettra de renforcer la production de l'électricité destinée à ces nouvelles fabrications.

Les deux questions doivent donc être traitées en même temps.

Si on essaye d'établir des centrales électrochimiques ainsi que des manufactures de produits actuellement importés, non seulement nous n'obtiendrons pas l'énergie le meilleur marché, mais encore nous consommerons une quantité plus considérable de charbon. Au contraire, si la réorganisation de la fourniture de l'électricité est liée à celle de l'alimentation de ces usines, nous rendrons disponible une quantité de charbon plus considérable que celle strictement nécessaire aux besoins immédiats de ces nouvelles fabrications. Aucun retard ne peut être apporté à l'établissement de ces usines, leurs emplacements, toutefois, devront être choisis de façon que les super-centrales qui leur seront nécessaires puissent aussi desservir en courant électrique tout le pays.

7. — Des super-centrales peuvent seules produire l'énergie électrique dans des conditions économiques de consommation de charbon. — *a) La centralisation de la production de l'énergie.* — La production de la force motrice devient une industrie de jour en jour plus spécialisée ; il en sera de plus en plus ainsi à l'avenir, car si un industriel peut obtenir une fourniture régulière à un prix aussi, sinon plus, avantageux, d'une source extérieure, qu'en établissant lui-même son usine, il sera en mesure d'économiser le capital qu'il aurait investi et de l'employer au développement de sa propre industrie. En outre, il disposera du terrain et de la place qui auraient été affectés à cette centrale, pour l'extension de ses ateliers et cette considération est très importante dans les grands centres industriels où les différentes usines sont si rapprochées les unes des autres qu'aucune place pour agrandissement n'est disponible. De plus, l'énergie peut être fournie à un industriel particulier, par un système collectif, dans de meilleures conditions d'économie de charbon que par une série de centrales individuelles ; car la production économique de l'électricité implique l'emploi de grandes unités et la puissance de l'unité donnant le maximum d'économie est plus considérable que celle correspondant au besoin des plus grandes manufactures.

Par suite, depuis les premières applications du moteur électrique, la tendance a été de produire l'énergie électrique dans des stations centrales ; mais, tandis que la production et la distribution de l'électricité ne se font correctement que dans une ou deux régions industrielles, il est permis encore de dire que, sur tout notre territoire, les besoins de chaque région, chaque réseau de tramways, chaque manufacture sont considérés séparément ; comme conséquence, la puissance moyenne des unités employées n'est certainement pas plus du dixième et probablement pas plus du vingtième de ce qu'elle devrait être. Dans de semblables conditions, il est impossible de parler d'économie de charbon. La situation qui en résulte entraîne des conséquence qui s'enchaînent les unes aux autres. En raison de prépondérance des petites stations centrales et de la faible puissance des unités génératrices qui y sont employées, les industriels, Compagnies de tramways et autres grands consommateurs d'énergie se trouvent encore forcés, chacun dans leur région, de recourir à leurs propres stations génératrices, travaillant forcément dans de mauvaises conditions économiques. Si on considère l'ensemble du pays, la production de l'énergie, dans de semblables conditions réduit d'autant la puissance moyenne des unités employées dans les centrales.

b) Comment l'énergie électrique est produite actuellement. — Comme exemple remarquable de la multiplication du nombre des centrales, lorsque des stations importantes font défaut, on peut citer le cas de Londres où, sur une distance de 4 à 5 miles (6 à 8 km) de Hammersmith, les centrales suivantes ont été établies, sans parler des 21 autres déjà existantes :

	Puissance en kw.
London and South Western Railway (Wimbledon)..	25 000
Lots Road (Chelsea)	63 000
Central Electric (Grove Road).....	22 000
Metropolitan Railway Company (Neasden).....	25 000
Metropolitan Electric Supply Co (Willesden).....	21 000
London and North Western Railway (Stonebridge Park)	25 000
Central London Railway (Wood Lane).....	7 500
Great Western Railway (Park Royal).....	6 000

A l'exception de Lots Road, toutes les nouvelles centrales sont mal situées au point de vue disponibilité en eau et on aurait pu les combiner toutes en une seule avec une grande économie de capital, de travail et de charbon.

La situation de la grande entreprise locale de distribution d'énergie dans les Midlands est encore moins satisfaisante. L'emplacement de la station centrale a été choisi surtout avec le désir de retenir les usines dans la cité afin que les droits sur ces usines puissent être perçus par l'au-

Digitized by Google

torité locale. Toutes les entreprises de Birmingham, Liverpool, Manchester et Sheffield ne disposent d'aucun emplacement favorable au point de vue amenée des eaux et facilités de condensation : elles recourent toutes à des tours de refroidissement. Ces entreprises ont livré durant les douze derniers mois entre 600 et 700 millions de kw-h.

Si la situation actuelle est peu favorable, le développement ultérieur de ces entreprises justifie les plus grandes appréhensions. D'importantes extensions sur de nouveaux emplacements sont déjà projetées, les nouvelles installations représentant 300 000 à 400 000 kw. Dans le cas de Birmingham, le nouvel emplacement choisi se trouve dans l'intérieur de la ville ; le seul moyen d'assurer la condensation consiste dans l'emploi de tours de refroidissement et, en raison de la rareté de l'eau, les eaux d'égouts devront être utilisées. Dans le cas de Sheffield, le nouvel emplacement qui est soumis à une enquête parlementaire avoisine la cité et, pendant la majeure partie de l'année, la condensation pour une puissance de 50 000 kw devra être assurée avec des tours de refroidissement.

c) *Les super-centrales doivent être équipées avec des unités génératrices de puissance élevée.* — L'utilisation de l'énergie électrique provenant de stations centrales, dans les diverses industries, ira constamment en augmentant lorsque le prix de revient de l'énergie ira en diminuant.

Jusqu'à ce jour, on a surtout envisagé les applications à la force motrice ; mais la fusion électrique et les procédés électrochimiques prennent de plus en plus d'importance. Ils n'ont reçu que peu de développement jusqu'à ce jour dans ce pays, par suite de l'impossibilité de produire suffisamment bon marché l'énergie électrique. Le raffinage électrique de l'acier, entre autres, présente la plus haute urgence.

Il y a lieu, en outre, de tenir compte des diverses applications domestiques de l'électricité, tels que le chauffage, la cuisine et la force motrice, applications qui sont susceptibles de rapides développements.

Les effets s'ajoutant, une augmentation dans l'économie du charbon, impliquant une diminution du prix de vente de l'énergie électrique, augmentera la charge de la centrale, tandis que l'augmentation de la consommation de l'électricité et l'amélioration du facteur de charge produiront à leur tour une nouvelle économie dans la consommation du charbon, en rendant plus favorables les conditions de charge, ce qui justifiera l'installation de plus grandes unités. En fait, le seul moyen pour les centrales d'obtenir comme clients tous les consommateurs d'énergie dans un périmètre déterminé, est d'avoir des unités beaucoup plus grandes que celles requises pour les besoins de l'industriel le plus important.

Pour que l'énergie soit fournie dans tous les pays au plus bas prix possible, il est indispensable que les conditions suivantes soient réalisées :

1° Les consommateurs d'énergie dans chaque région industrielle doivent recevoir leur énergie d'un seul système de distribution relié normalement à d'autres systèmes adjacents.

2° De grandes unités génératrices, d'une puissance d'au moins 20 000 ch, doivent être employées et installées à l'endroit le plus favorable pour une production économique. Dans les plus importantes régions industrielles, des unités de 50 000 ch pourraient être avantageusement employées.

3° L'énergie provenant des gaz ou chaleurs perdus devra être transformée en énergie électrique sur place dans des usines locales qui seront raccordées au système principal de distribution.

N. B. — En ce qui concerne le charbon perdu, c'est-à-dire celui qui ne peut être économiquement amené à la surface, il pourrait être utilisé sur place partout où son transport est considéré comme trop onéreux.

8. — Etablissement d'un réseau national de distribution d'énergie électrique. — En raison de la concentration industrielle que présente notre pays, un tel système est commercialement réalisable et plus avantageux pour nous que pour les autres nations; mais de même que le commerce entre différentes parties d'un pays serait impossible ou pratiquement impossible sans chemins de fer, de même le commerce de l'énergie, c'est-à-dire sa production par les moyens les plus économiques et sa fourniture partout où elle est requise, seraient impossibles sans un réseau principal de distribution. Un tel réseau de « routes » électriques doit être standardisé et établi dans les mêmes conditions que les chemins de fer. Aujourd'hui, si un propriétaire de mine possède du charbon de mauvaise qualité qui est abandonné, parce qu'il ne pourrait supporter les frais de transport, ou bien du charbon de haut pouvoir calorifique, mais trop friable pour résister au transport, il ne peut pas envisager, dans les conditions actuelles, de l'utiliser pour faire de l'électricité au carreau de sa mine, après avoir récupéré les sous-produits, parce que, sauf dans certains cas où les réseaux de distribution existent, il n'y a pas de marché pour l'électricité, aucun moyen n'existant pour la transmettre et la distribuer.

Chaque propriétaire de mine ne peut pas plus établir son propre système de transport d'énergie électrique dans les villes ou chez les industriels du voisinage, qu'un industriel son propre réseau de voies ferrées en vue du transport de ses produits. D'autre part, si un industriel dispose de chaleurs perdues et peut produire de l'énergie en perfectionnant sa fabrication ou ses procédés chimiques, personne n'est là pour la prendre parce que les « routes » n'ont pas été établies pour la transporter. Dans la plupart des régions, les grandes villes, qui constituent des centres de charges déjà existants, ne sont pas reliées électriquement aux centres industriels ou aux mines avoisinantes.

9. — Autres avantages de l'établissement de super-centrales. — L'établissement de super-centrales en des endroits bien choisis, où la place ne manque pas, de préférence à ceux encombrés et mal adaptés, présente d'autres avantages que ceux résultant de l'augmentation de l'importance de l'installation.

1° La centralisation de la production facilite matériellement la surveillance et favorise d'une façon générale l'économie de charbon.

2° L'hygiène des grands centres industriels serait très sensiblement améliorée; de même les difficultés que présente le développement des lignes de chemins de fer dans leur voisinage seraient en grande partie supprimées, si la transformation de l'énergie du charbon en énergie électrique était effectuée loin des centres populeux.

3° En reportant les centrales principales ou centrales auxiliaires, soit au droit des puits de mines, soit dans leur voisinage, une grande quantité de charbon qui est maintenant perdue ou laissée dans la mine, pourrait être utilisée avec profit; en outre, le charbon qui aurait été nécessaire pour transporter ce combustible serait économisé.

4° Les sous-produits qui peuvent être extraits du charbon, avant sa combustion sur les grilles des chaudières, pourraient être extraits dans tous les cas où cela serait économiquement possible. Ces sous-produits peuvent être d'aussi grande valeur pour les pays que les résidus de combustible,

Digitized by Google

car les engrais nitrogénés, les huiles brutes, les huiles employées par la marine, l'essence pour automobiles, peuvent être obtenus au moyen du charbon.

10. — L'ÉTABLISSEMENT DE SUPER-CENTRALES PERMETTRA DE DIMINUER LES CHARGES DE CAPITAL ET D'EXPLOITATION. — En dehors de l'économie de combustible, la production centralisée de l'énergie est essentielle pour réduire au minimum les charges de capital et d'exploitation. Comme nous l'avons vu, ce résultat s'explique par le fait qu'une centrale ne peut être utilisée au mieux que si seule elle est chargée de faire face à tous les besoins. Quoiqu'un grand nombre d'individus fassent dans une même région une même chose en même temps, en réalité ils ne font pas et ne peuvent faire simultanément une demi-douzaine de choses; c'est là la raison profonde de l'avantage que nous recueillons. L'économie fondamentale résulte de la combinaison des besoins en énergie de plusieurs services distincts : force motrice, traction, éclairage et chauffage.

Pour démontrer combien nous sommes loin de cet idéal, il est très instructif de rappeler le cas de Londres.

Un homme vit, par exemple, à Hampstead ; il fait cuire son petit déjeuner (s'il peut acheter l'électricité suffisamment bon marché) au moyen du courant provenant d'une centrale; il va à son bureau par un train électrique alimenté au moyen d'une centrale, son bureau dans la Cité reçoit son courant d'une troisième centrale; il va probablement déjeuner dans un restaurant dont l'éclairage électrique est alimenté par une quatrième centrale; s'il sort de son bureau pour aller faire des visites dans l'après-midi, il se sert de tramways alimentés par une cinquième centrale; il peut prendre son dîner le soir dans un restaurant de West-End alimenté par une sixième centrale, aller dans un théâtre desservi par une septième et ainsi de suite. De telle sorte qu'un habitant de Londres se sert durant toute sa journée du courant provenant d'un nombre de centrales compris entre 5 et 10. En d'autres termes, les charges du capital investi pour lui donner satisfaction sont de cinq à dix fois supérieures à ce qu'elles devraient être.

Indépendamment de cela, en raison du nombre considérable de systèmes et de centrales en service à Londres, chaque station n'a qu'une puissance très faible et en conséquence le rendement du charbon consommé reste très bas ; en fait le rendement moyen de la transformation à Londres de l'énergie calorifique du charbon en énergie électrique est aujourd'hui le tiers de ce qu'il serait avec une installation moderne.

Cela s'appliquerait à toutes les régions de notre pays en considérant les usines à la place des bureaux.

A l'heure actuelle, la Grande-Bretagne est desservie par environ 600 entreprises. La capacité moyenne des centrales possédées par ces entreprises est de 5 000 ch, soit près du quart de ce qui devrait être la capacité d'une seule unité vraiment économique et environ le trentième de ce qui devrait être la puissance d'une seule centrale économique.

Le tableau suivant donne quelques détails sur la production et la distribution de l'énergie électrique à Londres.

Depuis 1913, date à laquelle ce tableau a été établi pour le London County Council, il n'a pas été jugé nécessaire de le reviser parce que la situation, dans l'ensemble est restée la même.

La multiplication au hasard de petites centrales situées non pas en des points où la production du courant peut être effectuée à bon compte, mais au milieu des villes ou de zones d'alimentation peu étendues, empêche de recueillir les avantages que pourraient donner avec la production et la distribution de l'énergie électrique, la recherche de l'économie du charbon, l'utilisation du charbon perdu, l'extraction des sous-produits, etc..., ainsi qu'il a été exposé précédemment.

TABLEAU V.

	CENTRE	LONDRES ET FAUBOURGS
Nombre d'entreprises	39	70
Nombre de centrales (1)	41	70
Puissance moyenne des centrales en kw	7 646	5 285
Puissance moyenne des unités en kw	787	632
Nombre de types ou systèmes différents de production	31	49
Nombre de fréquences	8	10
Nombre de tensions de distribution.	21	24
Nombre de tensions de production.	20	32
Nombre de méthodes de tarification et de prix	50	70

(1) En outre, il y a neuf centrales de traction dans Londres et ses faubourgs ; 8 de ces usines se trouvent dans la zone centrale.

11. — EXAMEN TECHNIQUE DE LA RÉALISATION D'UN RÉSEAU NATIONAL DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE. — Evidemment, l'établissement d'une distribution d'énergie dans tout l'ensemble du pays ne peut être traité comme un projet ordinaire d'ingénieur, ni faire table rase de tout ce qui existe, mais nous estimons que le moment est arrivé de considérer la question dans son ensemble et qu'il convient de réorganiser les systèmes existants pour les adapter à un nouveau programme. S'il s'agissait d'établir un système complet entièrement nouveau et répondant le mieux possible aux conditions de transmission et de distribution convenant à la Grande-Bretagne, le problème serait assez simple.

Cela cependant est impossible, car un capital très considérable se trouve déjà investi dans les installations de transmission et de distribution. Utiliser le mieux possible ce qui existe à l'heure actuelle constitue certainement une difficulté. Le système de distribution principale doit être le courant alternatif triphasé à tension élevée — tout le monde est d'accord à ce sujet — il est plus difficile de s'entendre sur la fréquence ; il n'existe actuellement pas moins de 10 fréquences en Angleterre.

Cette question a déjà été étudiée. Il suffirait de diviser l'Angleterre et l'Écosse en régions desservies respectivement avec des fréquences de 50, 40 et 25 p : sec pour pouvoir utiliser au mieux les installations existantes. En gros, l'Angleterre, au sud d'une ligne reliant Humber et Carlisle, pourrait être alimentée à 50 p : sec, sauf peut-être le Black County ; entre la ligne indiquée plus haut et les monts Cheviots, la fréquence de 40 p : sec pourrait être maintenue tandis que celle de 25 p : sec serait réservée à toute l'Écosse. Les principales difficultés ne sont nullement d'ordre technique, mais d'ordre politique.

12. — ÉVALUATION DE L'ÉCONOMIE DE CHARBON POUVANT RÉSULTER DE LA CRÉATION D'UN SYSTÈME NATIONAL DE PRODUCTION ET DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE. — Nous avons déjà exposé la façon dont se pose le problème de l'établissement d'un système d'ensemble de distribution de l'électricité ainsi que ses conséquences ; nous avons également indiqué toute son

Digitized by Google

importance. Nous avons montré aussi que la consommation présente du charbon pour la force motrice, consommation qui serait affectée par le nouveau régime, est au moins de l'ordre de 80 000 000 t.

Si ce système était créé, on peut admettre avec certitude que, toutes choses égales d'ailleurs, l'économie de charbon qui pourrait être réalisée chaque année serait de l'ordre de 55 millions de tonnes.

En admettant pour ce charbon une valeur de 10 s par tonne, le bénéfice national résultant de la modification serait, tout au moins en ce qui concerne le charbon, de 27 500 000 £ (687 500 000 fr) par an, ce qui permettrait de rémunérer l'intérêt d'un capital. Par contre, si ces 55 millions de tonnes de charbon étaient utilisées pour le développement de diverses fabrications, ou pour de nouvelles industries, on pourrait disposer de ce fait et de façon continue, pendant toute l'année, d'une puissance de 15 000 000 ch.

L'économie de 27 500 000 £ (687 500 000 fr) par an ne tient pas compte des importants avantages supplémentaires indiqués ci-après, qui résulteraient directement de l'établissement d'un système efficace de distribution d'énergie dans tout le pays.

1° Réduction des dépenses de transport du charbon ;

2° Économie éventuelle dans la consommation du charbon pour les besoins domestiques (la consommation correspondante à l'heure actuelle est probablement de l'ordre de 35 millions de tonnes par an) ;

3° Réduction des dépenses de manutention du charbon dans son transport de maison à maison, ainsi que dans sa répartition générale ;

4° Grands avantages et économies considérables résultant d'un usage plus étendu de l'électricité dans les maisons pour le chauffage, la cuisine et le nettoyage, ce qui permettra de diminuer la main-d'œuvre, les fumées et d'augmenter la propreté, etc...

5° Possibilité d'utiliser le charbon abandonné actuellement dans la mine ainsi que celui qui est perdu de toute autre façon ;

6° Possibilité d'extraire les sous-produits, etc... avant de consommer le charbon pour la production de l'énergie ;

7° Extension de l'électrification des chemins de fer sans compter tous les avantages que l'établissement d'un système d'ensemble de distribution de l'électricité rendrait commercialement possibles et profitables.

Toutes ces économies et ces avantages considérés ensemble font ressortir un avantage national qui peut être estimé au moins à 100.000.000 £ (2.500.000.000 fr) en négligeant les avantages industriels présentés par une fourniture d'énergie électrique efficace et à bon marché.

13. — La législation actuelle doit être revisée. — On peut se demander pourquoi les sociétés de distribution d'énergie soumises au « Power Act » qui ont été constituées pour produire et distribuer l'énergie sur une vaste échelle dans diverses régions du Royaume-Uni, n'ont pu arriver à développer correctement leurs entreprises.

Plus on considère la question et plus on examine les faits, plus il devient évident que la législation du « Power Act » est erronée sur plusieurs points importants.

Lorsqu'il a établi cette législation, le Parlement était, en apparence, convaincu de la nécessité de considérer d'une façon large la production et la distribution de l'énergie électrique, bien qu'il n'ait pu à cette époque se rendre compte de l'avenir réservé à la question. Il n'a point voulu cependant se prêter à une pression en faveur de la fusion des entreprises d'éclairage existantes qui, comme il a été montré, se limitaient et se limitent encore à desservir des zones restreintes, au lieu d'étendre leur distribution, ainsi que cela devrait être, à plusieurs comtés. C'est dans ces conditions que le Parlement élabora le « Power Act », législation compliquée et en pratique inapplicable. Les clauses de cette loi furent acceptées par les entreprises d'éclairage alors existantes parce que, dans leur pensée, elles devaient avoir pour effet d'éloigner les Compagnies de distribution d'énergie ; par contre, celles-ci en s'y soumettant espéraient qu'elles leur permettraient d'avoir la clientèle des entreprises d'éclairage.

En réalité, les Entreprises d'éclairage électrique, dans la majorité des régions importantes, ont réussi, conformément à leur désir, à arrêter pratiquement, sauf dans un ou deux cas, le développement des Compagnies de distribution d'énergie.

D'une façon générale, on considérait la question du prix de revient comme la pierre de touche de la réglementation. En fait, cette attente a été déçue ; car, pour des consommateurs ou des entreprises isolées, on a pu obtenir rapidement un prix de revient de l'énergie relativement bas, en recourant à un système de fourniture de l'électricité défectueux pour toute la communauté.

Non seulement le prix de l'électricité dans tout le pays s'est conservé presque aussi haut par suite du maintien de ce système défectueux, mais la distribution de l'énergie n'a pas pris l'extension qui aurait été si utile pendant la crise actuelle ainsi que pour notre avenir industriel.

Comme nous l'avons déjà vu, pour réaliser un système d'ensemble de distribution de l'électricité capable non seulement de faire face aux nouvelles fabrications, mais aussi de réaliser pour les industries existantes une économie de charbon, il est nécessaire : *a*) d'établir pour chaque région industrielle ainsi que pour les régions avoisinantes, une entreprise électrique possédant et exploitant un système de distribution ; *b*) de prévoir l'installation de grandes unités génératrices et de choisir pour les centrales les emplacements les plus favorables.

Le « Power Act » n'a pas permis de remplir ces conditions et il ne pouvait en être autrement ; car les Compagnies pratiquement n'ont pu traiter avec la majorité des consommateurs d'énergie et, par suite, sauf dans un ou deux cas, n'ont pu donner à leur entreprise une importance leur permettant d'exercer une action efficace sur le progrès industriel du pays.

Afin d'assurer, ne serait-ce même qu'en se limitant au développement des installations existantes, l'extension la plus correcte des entreprises d'électricité, de façon à satisfaire à toutes les demandes, on a proposé de nommer des commissaires de l'électricité. Quoique cette mesure soit désirable, et certes rien ne devrait la retarder, elle ne serait pas suffisante et ne permettrait pas de réaliser assez rapidement l'établissement d'un système d'ensemble dans tout le pays.

Il ne suffit pas, en l'espèce, de nommer des commissaires, mais il convient de leur donner des instructions pour l'établissement d'un organisme possédant et exploitant le système de fourniture de l'électricité ; cet organisme, sauf peut-être en ce qui concerne les clients d'éclairage et de petite force motrice, reprendrait toutes les stations et canalisations existantes, dirigerait tout le système de distribution pour une région déterminée et prendrait en même temps toutes les dispositions utiles pour la production de l'énergie sur une grande échelle, de préférence au moyen de super-centrales établies également en vue des nouvelles fabrications que nous avons déjà indiquées.

Digitized by Google

La question se pose dès lors de savoir si, en combinant un tel organisme pour diriger toute la distribution de l'énergie dans une même région, il convient de s'adresser à l'État, à une entreprise privée ou à une entreprise mixte.

Un examen de la situation actuelle de l'alimentation en énergie des régions industrielles du pays indique qu'elles diffèrent considérablement au point de vue de la participation prise par les autorités locales.

Dans certaines régions, les installations importantes sont presque entièrement municipales et les Compagnies de distribution d'énergie ne commencent à apparaître que dans les régions qui les entourent; dans une ou deux régions, les Compagnies de distribution d'énergie possèdent toute la clientèle à l'exception de quelques villes seulement.

Par suite, on ne peut pas dire qu'une seule solution soit nécessairement applicable à toutes les régions et il peut y avoir des avantages, au point de vue national, à faire appel dans certaines régions à une formule déterminée qui pourra différer de celle adoptée dans d'autres.

Ce qui est essentiel, dans tous les cas, c'est que la politique nationale soit changée. Dans le passé, le Parlement a essayé un compromis qui, en fait, n'a pu amener l'unification, qui eût été essentielle, de la production et de la distribution de l'électricité dans chaque région industrielle, mais a permis aux diverses régions de rester séparées, non pas pour des raisons économiques, mais pour des limites commerciales arbitraires; le maintien de semblables régions est une erreur comparable, comme on l'a déjà remarqué, à celle qui consisterait à morceler la propriété des chemins de fer, en permettant à chaque municipalité de posséder ses propres lignes et en n'assurant le trafic que grâce à un grand nombre d'accords respectifs.

14. — Conclusions. — Le but que l'on doit poursuivre à l'avenir doit être de concentrer dans les mêmes mains, pour chaque région industrielle, d'abord le système de distribution principale — c'est à dire ce que l'on pourrait appeler le principal réseau des routes électriques — et ensuite la responsabilité du choix de la position la plus favorable au point de vue économique des unités génératrices.

Votre Sous-Comité a soigneusement examiné les considérations précédentes et en établissant ses recommandations, il a tenu compte de ce que :

a) Cette question a été l'objet, pour plusieurs régions, de nombreuses études parlementaires et qu'aucune solution n'a été donnée jusqu'ici ;

b) En conséquence, à part une ou deux exceptions, il n'existe pratiquement aucune centrale moderne dans tout le pays.

Cette dernière considération a constitué une entrave des plus sérieuses durant la présente guerre. Non seulement l'absence de ces centrales a rendu impossible la fabrication des produits que nous aurions pu préparer nous-mêmes pendant la guerre, mais encore a imposé la nécessité de développer rapidement des usines peu efficaces, le plus souvent situées dans des endroits que l'on aurait considérés comme mal choisis au point de vue économique, en ne tenant compte que des besoins ordinaires de notre industrie. S'il avait existé une demi-douzaine de grandes installations modernes au commencement de la guerre, plusieurs des usines, qui ont continué à produire dans de mauvaises conditions de l'énergie, auraient pu recevoir une nouvelle affectation.

Les usines génératrices existantes sont peu économiques et doivent être abandonnées, mais cela ne peut être effectué, tant que des usines plus modernes n'auront pas été construites.

Aussitôt que de telles usines auront été installées et fonctionneront, il convient de recommander aux entreprises existantes de s'y relier ; il est certain qu'elles pourront obtenir rapidement l'énergie qui leur sera nécessaire et le problème sera ainsi résolu économiquement de lui-même.

Propositions du Comité.

1° Il est essentiel que le système actuel absolument inefficace qui comporte plus de 600 réseaux, soit remplacé par un système d'ensemble ; la Grande-Bretagne devra être divisée en près de 16 régions, dans chacune desquelles il y aura une seule autorité dirigeant la production et la distribution du courant.

2° Les emplacements des centrales devront être choisis à proximité d'importants canaux ; ces emplacements constitueront des centres pour l'alimentation ultérieure de chacune des régions que doit comprendre le pays.

3° Les emplacements ainsi choisis doivent être aussi étendus que possible ; et à cet effet l'on devra tenir compte de l'espace disponible dans les diverses localités se prêtant, en principe, à ces installations.

En outre, ces emplacements doivent disposer de quantités considérables d'eau et de facilités de transport. Non seulement la centrale elle-même exige de la surface, mais pour des raisons de sécurité, elle doit être largement subdivisée. En particulier, il conviendrait qu'elle comprenne plusieurs bâtiments indépendants, mais en outre, il y a lieu de prévoir l'installation de procédés d'extraction des sous-produits du charbon avant sa consommation pour la production de l'énergie, en supposant qu'une telle extraction soit justifiée.

Il est également indispensable de réserver la place nécessaire pour le développement des procédés électrochimiques qu'il est préférable de réaliser le plus près possible des usines d'énergie. Comme conséquence, ces usines devront être situées à l'extérieur des villes et non pas à l'intérieur ; d'où avantages pour l'hygiène des grands centres industriels et le développement des lignes de chemins de fer dans leur voisinage.

4° Des plans doivent être préparés pour la construction sur ces emplacements, immédiatement après la guerre, des premières installations de grandes super-centrales, capables, d'abord, de répondre, au moyen d'un réseau d'ensemble de distribution électrique convenablement étudié, aux demandes du public, et, ensuite, de fournir l'électricité au plus bas prix possible pour les nouveaux procédés et pour les diverses manufactures.

5° Ces centrales doivent être disposées de façon à permettre l'emploi de méthodes perfectionnées pour récupérer les sous-produits du charbon, avant son utilisation, l'usine de sous-produits pouvant être combinée avec l'usine d'énergie. Chaque emplacement doit être choisi dans ce but, et en vue de permettre toutes les extensions nécessaires.

6° L'énergie provenant du gaz ou des chaleurs perdus doit être transformée en énergie électrique sur place dans des installations locales branchées sur le réseau principal de distribution. Le charbon perdu, c'est-à-dire le charbon qui au point de vue économique ne peut être extrait, sera également utilisé sur place, toutes les fois qu'il sera possible.

7° Une fois ces usines construites, les entreprises exis-

Digitized by Google

tantes pourront arrêter, sans que les consommateurs puissent craindre d'interruption, les extensions de leurs propres installations peu économiques, situées actuellement en des points mal choisis, et prendre toutes dispositions pour prendre leur énergie au système d'ensemble.

8° En vue de réaliser le programme élaboré, il y a lieu de constituer un Comité de l'Électricité ayant pleins pouvoirs pour régler tout ce qui concerne la fourniture de l'électricité dans le pays. Ce Comité aura, en particulier, tous pouvoirs :

a) Pour arrêter l'extension ou la multiplication de centrales peu économiques;

b) Pour confier, de façon équitable, dans chacune des régions que le pays comportera, la production, le transport et la distribution de l'électricité à un nouvel organisme nommé dans ce but;

c) Pour uniformiser dans chaque région la fréquence et la tension des réseaux de transport et de distribution ;

d) Pour décider si, dans chaque région, cet organisme doit être constitué par une Compagnie contrôlée spécialement pour la limitation des dividendes ou de toute autre façon.

A ce sujet, le Sous-Comité estime nécessaire de laisser la plus grande initiative et les plus grandes facilités pour la conduite de ces affaires; il pense que les plus sérieuses garanties de succès seront réservées à des entreprises privées qui, généralement, jouissent de la liberté et du discernement indispensables.

Le Sous-Comité considère, néanmoins, que, pour permettre à la nation de bénéficier immédiatement après la guerre des avantages d'une fourniture d'énergie rationnelle, l'assistance de l'Etat doit être donnée sous une forme quelconque.

Appendice I.

Pour évaluer la consommation spécifique moyenne de charbon dans le Royaume-Uni pour la force motrice, il est indispensable de connaître :

a) La quantité de charbon employée exclusivement dans le Royaume Uni pour la force motrice ;

b) La quantité d'énergie ainsi produite et utilisée dans les ateliers, manufactures, etc...

Si on considère l'ensemble du Royaume-Uni, on éprouve de sérieuses difficultés à préciser ces données. La première peut être évaluée avec une certaine exactitude d'après des documents officiels; la deuxième est beaucoup plus difficile à estimer, car quoique le relevé de la production indique le total des chevaux-vapeur nominaux des machines employées, dans nos usines, il n'y a aucune base pour évaluer l'énergie utilisée.

La quantité d'énergie produite dans un temps donné est mesurée par le produit de la puissance moyenne en chevaux-vapeur développée par les machines, par leur durée de fonctionnement. Le rapport existant entre la puissance moyenne en chevaux-vapeur et la puissance nominale en chevaux-vapeur varie dans chaque cas de façon tout à fait arbitraire.

Le chiffre dont nous avons besoin est la quantité d'énergie développée par les machines dans le cours d'une année et exprimée en chevaux-heure. Il est impossible de s'en faire une idée pour l'ensemble des installations ne faisant pas appel à la force motrice électrique. Par contre, il est facile de la déterminer pour les installations actionnées électriquement; la raison en est qu'il est plus aisé scientifiquement de mesurer l'énergie électrique d'une façon commerciale que l'énergie mécanique; en fait, il est de pratique constante de mesurer l'énergie électrique partout où elle est employée au moyen de compteurs électriques. Il n'existe aucune espèce de compteur pour mesurer l'énergie mécanique lorsque des machines à vapeur sont employées pour actionner directement les machines d'un atelier sans l'intervention de l'électricité.

Certaines données intéressantes ont été rassemblées et publiées dans le Relevé de la Production du Royaume-Uni pour 1907. Le relevé publié en 1912 est le dernier document officiel paru, mais il n'offre aucun moyen direct d'évaluer, même pour 1907, la consommation moyenne de charbon par cheval-heure.

On peut envisager, néanmoins, trois méthodes d'attaquer le problème :

1° On peut, moyennant certaines hypothèses raisonnables, déduire un chiffre des données du Relevé de la Production pour 1907.

Malheureusement, ce chiffre ne s'appliquerait qu'à un état de choses datant déjà de dix ans.

2° On peut choisir, pour chacune des grandes régions industrielles de notre pays, un certain nombre de données se rapportant à chacune des industries les plus importantes pour lesquelles on possède suffisamment de données. Il serait impossible de songer à obtenir des données exactes pour l'ensemble du Royaume-Uni, même si un nouveau relevé était entrepris aujourd'hui, exclusivement dans ce but.

3° On peut adopter des évaluations faites par des tiers. Diverses évaluations ont été faites par différentes personnes notamment par M. (maintenant Sir George) Beilby; malheureusement ces évaluations datent de plusieurs années et la plupart n'ont pas été revisées.

Quoi qu'il en soit, on sait que plus de 90 pour 100 du total des chevaux-vapeur se rapportent à des installations actionnées par la vapeur, et consomment, naturellement, du charbon. Les moteurs à combustion interne représentent 6,4 pour 100; une grande partie marchent à l'huile, d'autres au gaz de ville (ne consommant donc pas du charbon à proprement parler) et le reste avec des gazogènes consommant du charbon.

Le tableau suivant, préparé par M. Flux pour une communication faite à la Société de Statistique, précise l'évaluation de la consommation actuelle de charbon des diverses industries :

	Consommation de charbon en tonnes.
Fers et acier, constructions navals et constructions mécaniques	15 803 000
Mines	18 799 000
Autres métaux	1 171 000
Industries textiles	10 072 000
Draps	335 000
Alimentation	4 077 000
Industries chimiques et industries connexes	4 545 000
Papier et industries connexes	2 177 000
Cuir et industries connexes	590 000
Bois	650 000
Matériaux de constructions	7 792 000
Divers	69 000
Services publics	3 658 000
Total	70 962 000

Ce total représente la consommation du charbon pour l'industrie. Tout ce charbon n'est pourtant pas utilisé pour la force motrice; en fait, M. Flux signale qu'il a compris,

Digitized by Google

dans son évaluation, d'importantes quantités de charbon employées de toute autre façon que pour la force motrice, par exemple pour la fabrication des briques, pour des procédés chimiques, pour les fours... Si l'ensemble de cette quantité de charbon était considéré comme employé pour la force motrice, la consommation moyenne de charbon par cheval-heure ressortirait environ à 10,7 lbs (4,85 kg). En admettant à 75 pour 100 environ la quantité de charbon utilisée dans l'industrie pour la force motrice, nous arrivons à une consommation de 8,03 lbs (3,64 kg) par cheval-heure et à une consommation de 52 700 000 t pour la production de l'énergie dans l'industrie, ou en comprenant les chemins de fer à 65 000 000 t environ par an.

On ne doit pas perdre de vue que ces chiffres se rapportent à des conditions existant il y a une dizaine d'années; depuis cette époque l'emploi de la force motrice électrique a notablement augmenté. En outre, l'usage de moteurs à gaz et de machines à vapeur de meilleur rendement s'est répandu.

Si, toutefois, nous considérons qu'à l'heure actuelle, la quantité de charbon employée chaque année pour la production de l'énergie électrique utilisée comme force motrice ne représente que 8 à 9 000 000 t, contre une consommation totale de 80 000 000 t pour la force motrice, on peut dire que l'augmentation de l'emploi de l'électricité n'a eu que peu d'effet dans tout le pays sur la consommation moyenne de charbon par cheval-heure.

Sans doute, dans de nombreux cas, on a substitué de nouvelles machines à vapeur à celles déjà existantes; mais celles-là sont encore de faible puissance et peu économiques, si on les compare avec les groupes électrogènes.

Si nous estimons par suite la consommation spécifique d'après certains cas types, on arrive à la conclusion que ce chiffre n'est certainement pas inférieur à 5 lbs (2,26 kg) de charbon par cheval-heure. C'est du reste le chiffre admis par Sir George Beilby en 1905, et ce chiffre doit être admis pour cette date comme extrêmement favorable.

Pour la région industrielle de la Côte du Nord-Est, où la distribution de l'énergie électrique s'est développée dans les seize dernières années, il est possible de faire une estimation très approchée de la consommation de charbon par cheval-heure des industriels qui précédemment produisaient leur énergie, mais qui maintenant achètent leur courant. Les Compagnies de distribution d'énergie ont, en effet, conservé les relevés de la consommation annuelle de charbon des plus importants consommateurs avant le raccordement de leurs usines aux réseaux; la quantité de chevaux-heure correspondante peut être assez exactement évaluée d'après la quantité d'électricité utilisée pendant la première année ayant suivi la transformation. Il a été, bien entendu, tenu compte des modifications ayant pu survenir dans l'outillage actionné. Le tableau suivant donne les chiffres auxquels on arrive de cette façon :

Puissance totale en chevaux fournie par le réseau de la Compagnie de distribution d'énergie	343 000 ch
Energie en chevaux-heure correspondants fournis pendant une année aux bornes de l'usine alimentée	560 000 000 ch-h
Consommation moyenne de charbon avant l'emploi de l'énergie électrique en livres et en kilogrammes par cheval-heure	7 lbs 3,17 kg
Consommation équivalente de charbon dans les centrales des Compagnies de distribution d'énergie par cheval-heure fourni aux bornes de l'usine alimentée, en livres et en kilogrammes par cheval-heure	1,54 lbs 0,70 kg
Consommation annuelle de charbon dans le cas où aucune alimentation en énergie électrique ne serait possible, en tonnes	1 750 000 t
Consommation annuelle effective de charbon dans les centrales des Compagnies de Distribution d'énergie, en tonnes	385 000 t
Economie annuelle, en tonnes	1 365 000 t
Soit une économie de	78 pour 100

Si on applique ces résultats à l'ensemble du pays, il est indispensable de prendre en considération les récents perfectionnements apportés aux unités génératrices, aux méthodes de commande des ateliers, ainsi que la proportion d'énergie déjà produite dans des stations centrales. C'est pourquoi, nous fixons à 5 lbs (2,26 kg) au lieu de 7 lbs (3,17 kg) la consommation spécifique de charbon par cheval-heure.

Nous avons évalué plus haut à 65 000 000 t pour l'année 1907 la quantité de charbon utilisée pour la force motrice dans les manufactures, les usines et les chemins de fer. Afin de tenir compte de l'augmentation survenue depuis cette date, on peut admettre au moins 80 000 000 t (sur un total de 189 000 000 t en 1913) comme représentant la quantité de charbon consommée aujourd'hui pour la force motrice. Si la consommation spécifique pouvait être réduite de 5 lbs (2,26 kg) par cheval-heure à 1,5 lbs (0,68 kg), l'économie de charbon qui pourrait être annuellement réalisée serait de 56 000 000 t.

Appendice III (1).

On peut envisager plusieurs solutions différentes pour la constitution des nouveaux organismes chargés de prendre en main la production et la fourniture de l'énergie électrique dans chacune des régions que doit comprendre notre pays.

a) Combinaison de toutes les Compagnies et de toutes les autorités locales de chaque région industrielle (telles qu'elles seront désignées par les commissaires de l'électricité).

b) Partout où il existera déjà une Compagnie de distribution d'énergie, toutes les autres entreprises d'électricité, qu'elles appartiennent à des Compagnies ou qu'elles affectent la forme municipale, devront être reprises par la Compagnie de distribution d'énergie dans des conditions définies par les commissaires.

c) Partout où à présent la distribution de l'énergie est assurée par un certain nombre d'entreprises présentant relativement peu d'importance, qu'elles dépendent de Compagnies ou qu'elles affectent la forme municipale, si les entreprises dépendant des Compagnies sont les plus nombreuses, une nouvelle Compagnie sera formée, par exemple, par fusion des Compagnies existantes; cette Compagnie prendra en main l'ensemble des entreprises.

d) Si la situation est la même qu'en (*c*), mais si les entreprises dépendant de Compagnies ne sont pas nombreuses et si en outre l'esprit de la région n'est pas favorable à l'exploitation par une Compagnie, une Commission locale sera constituée représentant à la fois les intérêts en jeu, intérêts des Compagnies et intérêts municipaux, sous le contrôle des commissaires ayant plein pouvoir pour reprendre et diriger l'ensemble des entreprises de la région, quelle que soit leur forme.

(1) L'appendice II se rapporte à un examen détaillé de la législation anglaise sur la production et la distribution de l'énergie électrique. Nous avons jugé inutile de le traduire (note du traducteur).

Digitized by Google

e) Propriété publique ou mixte comme dans le cas (*d*), l'exploitation étant assurée pas une Compagnie.

Quelle que soit la solution adoptée, les commissaires de l'Électricité devront avoir plein pouvoir pour fixer les prix maximum, ainsi qu'une échelle variable de prix et des dividendes, et pourront limiter le capital à engager, etc.

a) *Combinaison de toutes les entreprises existantes.* — Quoique chacune des entreprises intéressées, qu'elles dépendent de Compagnies ou qu'elles affectent la forme municipale, ait de bonnes raisons pour admettre que la combinaison et la concentration des entreprises constituent un régime particulièrement économique, les exemples du

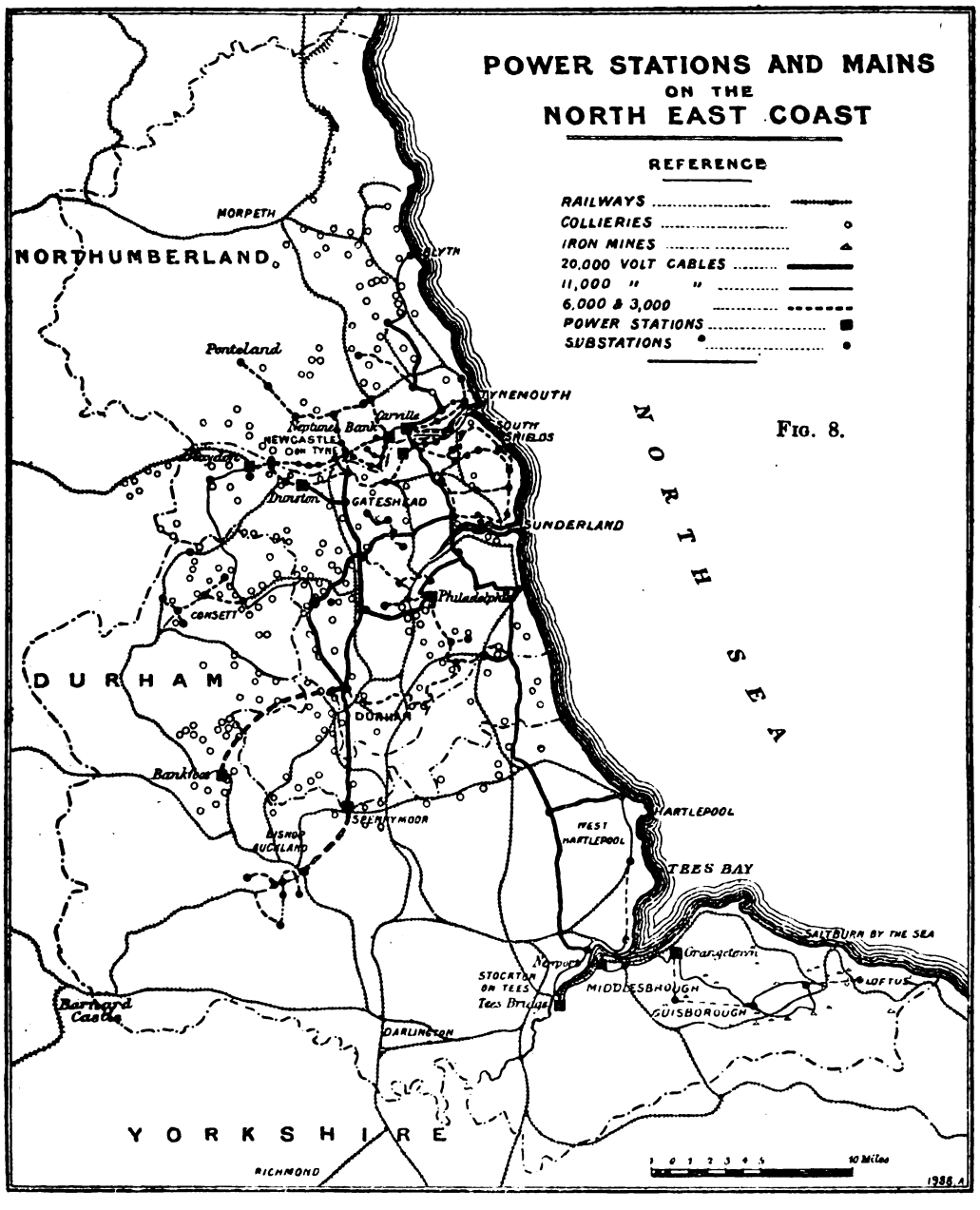


FIG. 8.

Fig. 1. — Installations électriques de la côte Nord-Est de l'Angleterre.

passé montrent que les intérêts sont le plus souvent si opposés que les parties en jeu sont incapables par elles-mêmes de faire un compromis.

Dans certains cas, des entreprises ont pu établir des accords pour des échanges d'électricité, mais toutes les tentatives faites pour réaliser un seul contrôle ont échoué.

b) *Compagnie de distribution d'énergie reprenant toutes les entreprises.* — A première vue, une Compagnie de distribution d'énergie formée spécialement dans ce but, et munie des pouvoirs statutaires nécessaires, paraît être l'organisme le mieux adapté pour prendre en main la distribution de l'énergie dans toute la région industrielle où se trouve son propre réseau ; lorsque cette Compagnie est, en outre, établie sur de sérieuses bases commerciales et tech-

Digitized by Google

niques et si son développement antérieur témoigne de sa compréhension des affaires, cette solution est certainement la meilleure.

Les pouvoirs statutaires des Compagnies de distribution d'énergie comportent généralement des obligations qui garantissent suffisamment les intérêts de la communauté. Mais si, indépendamment du contrôle des commissaires de l'Électricité, des garanties supplémentaires étaient jugées nécessaires, celles-ci pourraient être imposées par le Parlement.

c) *Nouvelle Compagnie.* — Lorsqu'aucune Compagnie de distribution d'énergie n'existe, ou lorsque celles qui existent n'ont pas suffisamment d'importance, une nouvelle Compagnie peut être établie pour reprendre toutes les entreprises existantes.

On peut engager les entreprises locales privées à faciliter la formation de cette nouvelle Compagnie; sous les auspices des commissaires de l'Électricité, qui auront à préciser les conditions dans lesquelles la nouvelle Compagnie doit être établie et diriger l'affaire ainsi que les pouvoirs statutaires qu'il convient de lui laisser et qui devront être insérés dans un acte spécial conforme, dans ses grandes lignes, aux dispositions du « Power Act » actuel.

d) *Commission locale de l'Electricité.* — Dans les régions où les entreprises municipales sont les plus nombreuses, l'établissement d'une Compagnie chargée de reprendre toutes les entreprises existantes pourrait être accueilli avec un sentiment local contraire au développement de l'affaire.

Par contre, une entreprise purement municipale est également irréalisable, les intérêts des conseils de Comté, des corporations urbaines, des conseils de districts urbain et rural, pouvant difficilement être conciliés. Une Commission locale nommée par l'Etat, soumise au contrôle des commissaires de l'Electricité, paraît la seule solution admissible, si toute entreprise privée doit être écartée. L'objection que l'on peut faire à une semblable solution est celle que l'on peut généralement adresser à toute entreprise purement étatiste, savoir : manque d'initiative dans le développement de l'affaire. Dans le cas particulier des entreprises de production et de distribution d'énergie, l'esprit d'initiative et d'activité sont particulièrement indispensables, non seulement dans l'intérêt de l'affaire elle-même, mais encore dans celui des consommateurs et de la nation.

e) *Propriété publique ou mixte, l'exploitation étant donnée à une Compagnie.* — Cette solution présente de nombreux avantages au point de vue charges de capital et d'intérêt; par contre, le développement de l'affaire se trouve assuré par la Compagnie chargée de l'exploitation qui, poussée par son intérêt particulier, cherchera à accroître le plus possible des bénéfices; toutes les garanties contre l'élévation des prix pourront être obtenues au moyen d'une échelle variable des dividendes et de prix comme il a été déjà signalé.

Appendice IV.

Les installations de la Côte Nord-Est. — Les détails qui suivent sont extraits d'une communication lue par R.-P. Sloan devant la « British Association for the Advancement of Science ». Quoique leur existence soit relativement récente, ces installations ont exercé une influence marquée sur les industries de la Côte Nord-Est, par exemple :

1° Grande économie de charbon et diminution des fumées.

A l'heure actuelle, exception faite des Compagnies de Distribution d'énergie, on peut dire pratiquement qu'on ne brûle plus de charbon sur la Tyne pour produire la force motrice, les chemins de fer, les usines chimiques et certaines mines étant mises à part. Les chantiers de la Tyne et les usines de construction mécanique ont toutes adopté l'électricité à l'exclusion de toute autre forme de force motrice.

2° L'application de l'électricité à tous les nouveaux usages a été facilitée.

a) Plusieurs mines reçoivent leur électricité des Compagnies de Distribution d'énergie de Newcastle et de Durham dont les réseaux ont été combinés pour répondre à leurs besoins.

b) Par suite de l'adoption de la traction électrique, Newcastle présente plus de facilité de transport suburbain que toute autre ville de même importance.

c) L'électricité a été employée pour le transport de marchandises sur la ligne Newport-Sheldon (c'est le premier exemple, dans ce pays, de transport de marchandises par locomotive électrique).

d) L'électricité a été utilisée avec succès pour actionner les laminoirs et les machines d'extraction, ainsi que pour toutes les autres applications exigeant la production d'une grande puissance sur un arbre moteur.

3° De nouvelles industries ont été établies dans la région en raison du prix de l'énergie.

4° On a utilisé de façon considérable les chaleurs et gaz perdus disponibles dans la contrée pour produire de l'énergie électrique.

A cet égard, la région présente une situation toute spéciale, l'électricité constituant à proprement parler un sous-produit de deux de ses plus grandes industries : la fabrication de la fonte et celle du coke.

5° Plusieurs petites centrales, peu économiques, municipales et privées, ont été fermées et leurs systèmes de distribution raccordés au réseau des Compagnies de distribution d'énergie.

Le problème de la distribution d'énergie dans une région est si intimement lié aux conditions locales qu'il convient en terminant de résumer la nature et l'importance des installations de la Côte Nord-Est.

L'étendue de cette région (1 400 miles carrés, soit 3 600 km²) a nécessité la production du courant à une tension et sous une forme permettant son transport à de grandes distances, par contre, la nature du marché exigeant que le prix de l'énergie soit aussi bas que possible. D'où nécessité de situer à proximité du charbon et de l'eau les emplacements des centrales thermiques chargées d'alimenter la clientèle qui ne pouvait être desservie au moyen de l'énergie électrique provenant des chaleurs perdues. Les réseaux de transport et de distribution partent des deux principales centrales situées sur la Tyne, s'étendent jusqu'à Newcastle-on-Tyne qu'ils desservent, vont au Nord jusqu'à Blyth et au delà, à l'Est suivent la Tyne en passant par Wallsend jusqu'à North Shields. Sur la rive Sud de la Tyne, le système s'étend sur le Comté de Durham depuis la côte jusqu'au Consett et Bishop Auckland à l'Ouest et se réunit ensuite avec le réseau de la Compagnie de distribution d'énergie de Cleveland et de Durham, dont les réseaux couvrent les régions de South Durham et de Yorkshire, en comprenant la région minière de Cleveland, Stockton-on-Tees, Middles-Borough, etc... La distance entre les extrémités Nord et Sud du réseau de transport est de 70 miles (112 km) et il est maintenant possible d'obtenir l'électricité dans les mêmes conditions de fréquence et de tension dans toute cette région. Le système principal de transport et de distribution est triphasé, à la

Digitized by Google

fréquence de 40 p : sec et sous une tension de 10 000 v. La figure 1 reproduit l'ensemble de ce réseau.

Les conditions locales déterminant la production et la distribution de l'énergie sont :

1° Le bas prix du charbon qui permettait aux industriels de produire pour eux-mêmes l'énergie dans des conditions relativement avantageuses.

2° Les usines des industriels de la région sont pour la plupart considérables, leurs besoins en énergie sont par suite élevés (parmi les éléments les plus importants pour la production du courant à bon marché par une Compagnie, par une entreprise municipale ou par un industriel, il convient de citer la dépense de capital par cheval-vapeur utile. Cette dépense va en diminuant au fur et à mesure que l'importance des installations augmente tandis que le rendement va en même temps en augmentant).

3° L'existence de grandes quantités d'énergie disponible sous forme de chaleurs perdues et de gaz combustible.

Alimentation des mines en énergie électrique. — L'alimentation en électricité des mines de charbon — bien qu'il y a cinq ans à peine aucune ne fut encore raccordée au réseau de la Tyne — a pris maintenant une importance considérable. Exception faite des mines de faible production, toutes les exploitations débitant plus de 10 000 000 t de charbon par an sont alimentées par des Compagnies de distribution d'énergie. L'électricité est employée pour actionner les pompes, les transports, la ventilation, l'extraction et, comme partout ailleurs, on a constaté les avantages de simplicité présentés par le moteur électrique. Dans le cas des mines, on estime qu'au moins 75 pour 100 du charbon précédemment employé pour la force motrice a été économisé, par suite de l'avantage présenté par la production de l'énergie dans les centrales des Compagnies de distribution d'énergie. L'économie totale de charbon qui en résulte est au moins de 1 000 000 t par an.

Utilisation des chaleurs perdues. — Une des particularités les plus intéressantes du problème qui a été résolu, et qui, on peut l'affirmer, offre un intérêt national de premier ordre, est l'utilisation des chaleurs perdues disponibles dans la région. Les comtés du Northumberland, du Durham, du Yorkshire produisent environ 7 500 000 t de coke par an. Récemment encore le coke était fabriqué dans des fours d'ancien type ; dans les dix dernières années le type de four à récupération a fait de très rapides progrès en raison de son haut rendement en coke et de la valeur des sous-produits qui peuvent être recueillis.

Les chaleurs perdues provenant de ces fours et des hauts fourneaux, de même que la vapeur d'échappement fournie par les machines soufflantes à vapeur de la région du Cleveland, constituent une somme d'énergie considérable.

Ces chaleurs perdues ont été utilisées, partout où elles sont disponibles, par l'établissement de centrales locales.

Ces usines sont raccordées aux réseaux des principales Compagnies de distribution et travaillent en parallèle avec les cinq principales centrales. Ces centrales locales ou centrales « à chaleurs perdues », comme on les appelle généralement, sont exploitées en vue de produire le maximum possible d'énergie, autant que le permet la quantité de chaleur perdue ou de vapeur d'échappement disponible, le reste de la charge étant assuré par les centrales principales.

La troisième Foire de Lyon [*Suite* (1)]

Société Alsacienne de Constructions mécaniques. — Les usines de fabriquent et livrent un matériel irréprochable. Depuis les turbines à vapeur jusqu'aux moteurs électriques de toutes puissances, des automotrices aux fils électriques, des machines textiles à l'appareillage électrique, la Société alsacienne s'est acquise, dans cette construction, une renommée incontestée.

Elle montre, dans ses stands de la Foire de Lyon, un échantillon de sa multiple fabrication : moteurs triphasés de 1,3 à 18 ch; moteurs à courant continu établis spécialement pour métiers de tissage et appareils de levage; groupe électrogène à essence accompagné de sa génératrice ; tableau de distribution comportant coupe-circuits, interrupteurs, instruments de mesures ; appareillage à haute tension, interrupteur pour 4000 A, disjoncteur, rhéostats, etc.

La participation de la Société Alsacienne de Constructions mécaniques à la manifestation de Lyon mérite d'être particulièrement signalée en raison de la position de ses usines et de leur proximité du théâtre des hostilités : elle montre les efforts constants de ses dirigeants pour maintenir, malgré toutes les difficultés, leur production au niveau du temps de paix et donner pleine satisfaction à leur clientèle administrative et privée.

Au reste, une citation officielle récente a rendu un hommage mérité au courage et au dévouement de la direction et du personnel de .

L'éclairage électrique. — Les nombreuses usines de cette Société travaillent, depuis le début des hostilités, pour les besoins de la défense nationale. Munitions, armement, matériel, toute la production est absorbée par les différents services de la guerre.

Elle a tenu cependant à figurer à la Foire de Lyon, et ses stands montraient aux visiteurs plusieurs moteurs continus et alternatifs de toutes puissances. Ce matériel est tellement recherché par les industriels et les installateurs, en raison de ses avantages, que la Société se trouve dans l'impossibilité de satisfaire sa nombreuse clientèle.

Société industrielle des Téléphones. — L'appareillage à haute et basse tensions, les câbles et fils électriques, les postes téléphoniques, les multiples, etc., la Société industrielle des Téléphones étend de plus en plus sa fabrication, et devient pour les électriciens un fournisseur de premier ordre.

Son département : caoutchouc, de plus en plus impor-

(1) *R. G. E.*, numéro du 16 mars 1918, p. 410.

Digitized by Google

tant, est l'une des spécialités les plus en faveur auprès de la clientèle.

Genteur. — L'appareillage électrique Genteur présente à la Foire de Lyon un de ses appareils automatiques pour le démarrage rationnel des moteurs.

Basé sur un principe nouveau, l'appareil exposé est appelé à rendre de grands services dans l'industrie, s'appliquant aussi bien au courant continu qu'aux courants polyphasés, son champ d'applications est immense.

A l'heure actuelle, où l'amélioration du cos φ des réseaux devient une pressante nécessité, tout dispositif automatique de conjonction-disjonction simple et robuste permettra d'éliminer de plus en plus la marche à vide ou à trop faible charge des machines et surtout des transformateurs.

L'effort de cette firme est d'autant plus à encourager qu'actuellement la France compte fort peu de spécialistes en la matière. Espérons que nous n'aurons bientôt plus recours à l'étranger pour toutes ces questions « d'appareils à fonctions ».

En dehors de cette spécialité, la maison Genteur présente quelques spécimens de sa fabrication courante : interrupteurs de 30 à 4 000 A, inverseurs, rhéostats d'excitation, réducteurs, appareillage pour télégraphie sans fil. Notons, en passant, le dispositif très ingénieux employé pour le serrage des interrupteurs à partir de 1 500 A. La disposition adoptée (leviers et plaques), permet un desserrage très rapide et une manœuvre très douce, même pour les plus grosses intensités.

Transformateur Ferrix. — Le stand du transformateur Ferrix nous montre le petit modèle pour sonneries qui a si rapidement vulgarisé l'emploi du courant alternatif des réseaux pour remplacer les piles, plus coûteuses que jamais.

Sous le nom de « témoin d'intensité » il nous présente également un petit transformateur d'intensité éclairant une lampe à basse tension. L'éclat de cette lampe suit les variations de débit en ampères dans le courant à contrôler, et ces indications, visibles ainsi à distance, sont précieuses en bien des cas et facilitent la surveillance.

Les électriciens auront certainement l'occasion de l'employer en maintes circonstances.

Établissements Heldt. — Les Établissements Heldt, de Lyon, se sont consacrés à la fabrication, dans leurs usines d'Yvours-Irigny, de quelques-uns des articles de petit appareillage électrique, le plus couramment utilisés dans les installations : douilles de lampes, coupe-circuits, etc.

Sous une direction avisée, cette maison a compris la nécessité qui s'impose à l'industrie moderne et particulièrement aux industries électriques dont les applications sont si variées, de la spécialisation. Elle s'est attachée à produire en grandes séries un petit nombre d'articles en cherchant à obtenir ainsi le plus grand rendement joint à la meilleure exécution.

Nous avons pu apprécier les modèles que les Établissements Heldt ont exposés dans leur stand de la Foire de Lyon ; ils sont parfaitement au point et d'exécution très soignée.

M. Bonnier. — M. Bonnier, de Lyon, est un constructeur déjà connu parmi les techniciens et industriels. Il a fondé son entreprise depuis environ vingt ans, se consacrant sans cesse à l'étude des innovations et applications les plus intéressantes.

Nous remarquons dans son stand nombreuses machines de construction très soignée, entre autres :

Une dynamo-frein réversible pour la mesure directe de la puissance des moteurs ou de forces absorbées par des organes mécaniques ;

Un alternateur convertisseur courant continu en alternatif 500 p : sec pour la télégraphie sans fil ; appareil compact, remarquable par son faible encombrement et poids très réduit que la maison Bonnier construit sous diverses puissances à l'usage de l'aviation, de la guerre et de la marine ;

Une commutatrice et un moteur synchrone monophasé, appareils utilisés dans les postes radiotélégraphiques ;

Un type d'induit courant continu 1 800 V, 9 A ;

Une génératrice courant continu pour l'électrolyse de 1 500 A, 7 V ;

Enfin divers moteurs triphasés à moyenne vitesse de 4 et 6 pôles et à faible vitesse de 8-12 et 18 pôles ; ces moteurs tous remarquables par leur grande puissance spécifique, leurs rendements et facteurs de puissance élevés.

Les soins apportés par M. Bonnier dans sa construction lui assureront sans aucun doute les faveurs d'une importante clientèle.

George Fox. — De formation récente, la maison George Fox s'est lancée dans la branche des applications de l'électricité, chauffage, cuisine, etc. Ses nombreux appareils, bien étudiés et bien présentés ont trouvé en France un vaste débouché.

Le Thermo-Fox, que nous avons déjà décrit dans notre numéro du 7 juillet 1917, fait bouillir tous les liquides en quelques secondes. Il fonctionne sur courant alternatif et la consommation en watts est des plus réduites. Son emploi est illimité pour les besoins domestiques.

La production de la maison G. Fox embrasse une multitude d'appareils très intéressants et très pratiques tels que : bouillotes électriques, tabourets électriques, tapis-chauffants, radiateurs électriques, cataplasmes électriques, chaussons et genouillères électriques, chauffe-plats, réchauds et théières électriques, etc.

Tous ces appareils sont établis pour fonctionner sur tous courants ; ils sont appelés, par le cachet français qui les caractérise, à remplacer, dans toute maison moderne, le matériel allemand dont nous étions inondés avant la guerre.

(*A suivre.*) J. N.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

L'organisation industrielle

Dans une conférence faite au Conservatoire national des Arts et Métiers, le 24 février, l'auteur a montré les conséquences de la raréfaction de la main-d'œuvre après la guerre et l'orientation nouvelle qui s'annonce pour les rapports entre le capital et le travail. Après avoir établi ce que sont en Amérique la standardisation et la taylorisation, il a fait ressortir que nous pouvions, sinon les copier, du moins en tirer d'utiles enseignements. Enfin, parlant des cartels et des trusts, il a insisté sur la nécessité de l'union sous toutes les formes.

L'organisation industrielle en France après la guerre a déjà fait l'objet d'innombrables publications et de multiples conférences. Si j'ai accepté d'aborder à mon tour ce sujet devant vous, c'est qu'il m'a semblé indispensable d'initier le grand public à ce grave problème, autrement que par de courts articles de journaux forcément superficiels et qui, surtout, ne pouvant tenir compte de l'infinie variété, de la complexité de la vie donnent trop souvent l'impression fausse qu'il existe des solutions universelles, bonnes partout et toujours.

Le nombre des questions qu'il faudrait aborder pour traiter le problème dans toute son ampleur est énorme : enseignement professionnel, apprentissage, questions ouvrières, outillage, méthodes de travail, réforme bancaire, exportation, cartels, trusts, etc., le champ est sans limite. Soucieux avant tout de ne pas rester dans de vagues généralités, qui ne peuvent que provoquer de dangereuses illusions, je n'aborderai guère que trois questions : la question ouvrière, l'organisation des ateliers et les ententes commerciales et industrielles, puis je m'efforcerai de dégager de cette étude quelques idées générales, qui pourront servir de guide dans l'examen de toutes les questions industrielles.

Si j'ai mis en première ligne la question ouvrière, c'est qu'il est bien évident qu'une des conséquences de la terrible lutte que nous soutenons pour le triomphe de la justice et de la liberté sera, sous une forme que nous voyons encore mal, une profonde transformation sociale et que vouloir bâtir des projets d'avenir sans en tenir compte serait le pire des aveuglements. Sans examiner le côté politique du problème, plein de péril et d'inconnu, nous avons le droit et le devoir d'en scruter les difficultés pratiques. Fixons-en d'abord les données.

Quand la paix sera faite, les vides causés par la mort et les blessures entraînant une incapacité partielle ou totale de travail, sans parler de l'affaiblissement physique dû aux privations et aux maladies, auront considérablement réduit le personnel ouvrier ; ce seront les meilleurs éléments, les plus jeunes, les plus actifs qui auront été le plus cruellement décimés. Les besoins par contre augmenteront énormément et seront hors de proportion avec tout ce que l'on peut imaginer. La reconstruction des villes et villages, des routes, des ponts, des chemins de fer, des canaux, de tout ce qui aura été usé ou détruit par la guerre et qu'il sera indispensable à la vie économique de rétablir au plus vite et même de développer, la reconstruction de l'outillage national et privé et la création d'un outillage plus moderne et plus puissant, attireront avec de gros salaires une très grande partie de main-d'œuvre disponible ; tout ouvrier sera assuré de trouver pendant des années un travail facile et rémunérateur et nul ne se souciera, si l'on n'y veille, de faire le long apprentissage nécessaire aux ouvriers d'usine, d'où raréfaction de la main-d'œuvre et arrêt dans son recrutement.

Cette question de la raréfaction de la main-d'œuvre est à coup sûr la plus grave que nous ayons à envisager et, tant qu'elle n'aura pas été résolue, le développement de nos exportations à l'étranger, dont on parle un peu légèrement et un peu vite à mon avis, restera une utopie. Ce n'est d'ailleurs pas là une question nouvelle et bien avant la guerre, dans l'industrie électrique que je choisis comme exemple parce que je la connais bien et que j'ai quelque titre à parler en son nom, j'avais été extrêmement frappé par deux faits ; les voici. Pour tous les ouvrages délicats comme les compteurs et les appareils de mesure pour lesquels on ne trouve guère qu'à Paris et dans quelques grandes villes la main-d'œuvre habile et intelligente nécessaire à ce genre de fabrication, on a pu puiser sans compter dans un réservoir toujours alimenté par l'attrait des grands centres ; le besoin de main-d'œuvre n'a jamais arrêté le développement de ces fabrications ; au contraire pour tout ce qui ne peut se fabriquer qu'en province, avec une main-d'œuvre plus fruste mais aussi moins coûteuse, les grosses pièces notamment, nos progrès ont été toujours enrayés par le manque de bras et nous ne pouvions arriver à réaliser les agrandissements que nous aurions voulu effectuer. La même constatation ressort avec tout autant de netteté du second fait suivant : pour les câbles et fils, où la main-d'œuvre ne joue qu'un rôle très secondaire puisqu'elle entre pour moins de 5 pour 100 dans le prix de revient, nous étions arrivés à exporter beaucoup plus

Digitized by Google

que nous n'importions ; pour les machines et appareils, au contraire, dont le prix de revient comprend une proportion bien plus considérable de main-d'œuvre, 25 à 30 pour 100, les importations, malgré nos efforts l'emportaient encore sur les exportations. Il n'est que trop aisé de conclure.

Comment remédier à ce grave danger ? développer la natalité serait la meilleure solution, mais avant que la campagne en faveur des familles nombreuses, à laquelle tout bon Français doit apporter un concours convaincu, ait pu fournir à l'industrie les bras qui lui font défaut, celle-ci doit trouver d'autres solutions d'un effet plus immédiat.

Patrons et ouvriers sont également d'accord pour préconiser la guerre à l'alcoolisme, dont les moindres conséquences sont à l'atelier l'indiscipline, la diminution comme qualité et comme quantité de la production et l'accroissement du nombre des accidents, au dehors la perte de la santé, de la famille et du bien-être et la réduction du nombre des enfants. Je n'y insisterai pas, la cause est entendue et presque gagnée.

On a aussi beaucoup parlé de l'utilisation de la main-d'œuvre étrangère ; on oublie un peu trop qu'hier encore les syndicats ouvriers s'opposaient à son développement et que la même méfiance peut se réveiller et amener des contestations et des grèves douloureuses, que ces ouvriers étrangers emportent avec eux ou expédient à leur famille une notable partie de leurs salaires et que cet exode de capitaux ne serait pas de nature à améliorer notre change et par suite notre situation économique. Ne se fait-on pas aussi quelque illusion sur la facilité de recruter cette main-d'œuvre ? Tous nos alliés auront la même volonté que nous de développer leur industrie, de produire sur leur territoire tout ce que leur fournissait l'industrie allemande et de prendre sur les marchés extérieurs une place digne d'eux ; ils auront d'ailleurs, tout comme nous, subi de lourdes pertes. Les neutres, enrichis par la guerre et munis d'un outillage, qu'ils n'ont cessé de développer en vue des fournitures aux belligérants, deviendront également des concurrents nouveaux et dangereux sur le marché de la main-d'œuvre. L'emploi sur une large échelle de la main-d'œuvre asiatique se heurte à mille difficultés de climat et de mœurs. Notre Afrique du Nord sera presque la seule à pouvoir nous fournir des travailleurs, en nombre limité d'ailleurs ; car il ne faudrait pas priver ces admirables régions de la main-d'œuvre nécessaire à leur mise en valeur et à leur développement.

En tout cas, il ne faut pas perdre de vue que ces éléments neufs ne pourront être utilisés que dans les métiers qui ne nécessitent pas d'éducation professionnelle et où la force physique joue le principal rôle. Cette spécialisation aura d'ailleurs l'avantage d'empêcher une hausse dangereuse et injustifiée des salaires dans ces métiers et par suite d'attirer davantage les ouvriers français vers les corps d'état plus nobles qui nécessitent un apprentissage spécial et surtout une intelligence plus développée. Le recrutement en éléments de choix dont a besoin l'industrie se trouvera ainsi mieux assuré.

Reste comme nouvelle ressource en main-d'œuvre, l'emploi plus étendu du travail des femmes, solution à laquelle on a été forcé d'avoir recours pendant la guerre dans un grand nombre d'ateliers et qui depuis des années déjà tend à se généraliser dans le commerce et les bureaux. Mais il ne faut pas oublier que le développement du travail de la femme à l'atelier soulève bien des objections au point de vue de la morale, comme à celui de l'hygiène, qu'il n'est pas de nature à relever le taux de la natalité et à assurer la procréation et l'éducation d'enfants sains de corps et d'esprit. Le remède pourrait, s'il se généralisait trop et si on en abusait sans discernement, devenir pire que le mal.

La main-d'œuvre sera donc très rare et par conséquent très chère ; c'est un fait sur lequel il serait coupable de chercher à se faire illusion ; admettons-le donc comme certain. Comment alors pourrons-nous maintenir notre production et surtout la développer, de manière à réduire nos achats à l'étranger et à donner à notre commerce d'exportation, à des prix pouvant soutenir la concurrence, les produits qui lui sont indispensables pour faire rentrer les énormes capitaux que nous avons dû exporter pour satisfaire les besoins de notre alimentation et de la Défense nationale.

Des industriels ont exprimé le désir et l'espoir que l'on reviserait notre législation du travail et même déclaré qu'il serait indispensable d'adoucir les lois et décrets relatifs à la durée du travail et au minimum de salaire. Certes ces lois ont souvent mis en péril certaines de nos industries et par conséquent mal servi les intérêts des ouvriers que l'on voulait protéger, puisque leur bien-être dépend si étroitement de la prospérité de la fabrication. On a eu à ce point de vue souvent le droit de les trouver imprudentes et trop en avance sur les règles adoptées par nos concurrents. On a eu raison aussi de flétrir le rôle néfaste de certains hommes d'affaires, médecins ou pharmaciens, qui, par une exploitation immorale de la loi si juste et si nécessaire sur les accidents du travail, n'ont pas hésité à avilir l'ouvrier, en l'incitant à la paresse et à la dissimulation et sont les causes blamables d'une augmentation ruineuse du taux des assurances.

Mais ces lois existent; elles reposent sur des idées généreuses et justes; préconiser un retour en arrière, vouloir empêcher leur développement, c'est se bercer de la pire des illusions et oublier qu'il y a une loi plus inexorable que toutes celles que l'on pourrait voir sortir du cerveau des démagogues les plus dangereux, c'est tout simplement la loi de l'offre et de la demande. Or, si l'on veut développer et même seulement maintenir notre production, la demande sera énorme par rapport à l'offre et les conséquences de cette situation sont inéluctables.

Pour résoudre ce problème troublant et faire accepter par les ouvriers des méthodes nouvelles de travail, qui permettent tout à la fois d'assurer une production abondante et économique et de maintenir les hauts salaires, auxquels les ouvriers ont atteint actuellement et le bien-être auquel ils ont raison de prétendre, ce n'est pas du

Digitized by Google

tout au législateur qu'il faut faire appel, mais aux organisations ouvrières elles-mêmes. Et d'ailleurs ne serait-ce pas du même coup faciliter la solution du grave problème social auquel je faisais allusion tout à l'heure?

Il faudrait être sourd pour ne pas entendre les revendications de représentants du travail. Ils sont aussi las que nous de la lutte de classes qui atteint son apogée dans les années qui ont précédé la guerre; beaucoup comprennent que l'industrie riche et prospère peut seule les faire vivre, que l'étatisme ne serait que le triomphe d'une bureaucratie irresponsable et routinière; ce qu'ils réclament, c'est une place correspondante à leur rôle dans la gestion des affaires publiques et privées, dans l'organisation industrielle. Ils veulent s'affranchir et s'élever, comme la bourgeoisie s'est affranchie et élevée à l'aide des révolutions qui ont secoué notre pays, depuis 1889 jusqu'à nos jours.

En se plaçant plus spécialement au point de vue industriel, sans méconnaître l'importance des lois sociales qui s'appellent codes du travail, retraites ouvrières, syndicats, participation aux bénéfices, actions de travail, il faut reconnaître que leur action bienfaisante ne peut suffire à combler le fossé qui s'est creusé entre l'employeur et l'employé dans nos grands ateliers, où l'ouvrier est trop loin de la direction qui ne peut l'individualiser dans la masse des travailleurs et n'arrive plus à connaître que les résultats matériels, salaire déboursé et travail obtenu, et en évalue le rendement comme celui d'une machine; l'ouvrier de son côté, tenu dans l'ignorance des conséquences de ce qu'il exige, ne songe qu'à travailler le moins possible au plus haut prix et pousse inconsciemment ses représentants à la plus folle, la plus dangereuse des surenchères.

L'heure a sonné de jeter un pont sur ce fossé et d'aborder ces graves questions à un tout autre point de vue. L'ouvrier n'a pas que des mains; il a une conscience, une intelligence, auxquelles il faut faire appel.

Cette idée a fait depuis quelques mois d'immenses progrès. On peut lire dans un des plus grands journaux techniques des États-Unis, « Engineering Record News », un article paru le 3 janvier 1918 et intitulé : « Sera-ce la guerre ou l'association? »

« Si les dirigeants, dit l'auteur, avaient formé une association (partnership) avec les travailleurs qui y avaient droit en proportion de leur intelligence, la situation serait tout autre. Les trois grands éléments humains dans une industrie : le capital, la direction et le travail auraient moins de causes de conflit; ils seraient des associés. » Et plus loin, en parlant des organisations ouvrières le rédacteur dit : « Les ouvriers n'auraient plus besoin d'une organisation pour combattre la direction, d'une organisation pour combattre leur propre affaire. L'affaire serait leur affaire, de même qu'elle est l'affaire de ceux qui ont apporté leur capital ou leur science de la direction ».

Passons maintenant en Angleterre, où une grande enquête vient d'être faite. Dans un document officiel paru au Livre Blanc, il est conclu à l'établissement pour chaque industrie d'un Conseil national, composé de représentants des employeurs et des employés, de conseils de district, nous dirions de région, avec des représentants des Trade-Unions et des associations de patrons et enfin de Commissions d'ateliers comprenant des représentants de l'administration, de la direction et des ouvriers. Cette composition, conforme aux idées américaines, respecte le Conseil d'administration, qui a seul qualité pour traiter les questions intéressant le capital, la direction, sans laquelle on aboutirait à l'anarchie et les associations ouvrières qui étudient les questions spéciales aux besoins des travailleurs; il est simplement créé un organe où ces trois éléments sont appelés à collaborer. Déjà en Angleterre, l'idée a été mise en pratique et l'étude des mesures à prendre pour développer l'industrie de la poterie et les industries qui s'y rattachent a été confiée à un Conseil élu, composé de délégués des associations patronales et ouvrières; ce Conseil a tenu sa première séance le 11 janvier 1918, sous la présidence de M. Addison, ministre de la Reconstruction, en français de la Reconstitution.

Voilà l'effort fait par le monde officiel et patronal chez nos Alliés. Il y a, en France, plus d'un patron qui attend avec anxiété de savoir si le monde du travail en France suivra la voie ainsi tracée qui peut conduire aux plus heureux résultats.

Je veux espérer, pour ma part, que la vie en commun dans les tranchées, les mêmes dangers partagés, face à l'ennemi, avec un égal courage, auront éveillé une estime réciproque entre ouvrier et employeur, un besoin bien net de s'unir contre l'envahisseur sur le terrain économique comme sur le champ de bataille.

Si les commissions mixtes patronales et ouvrières, sous quelque forme qu'elles soient réalisées, devaient négliger l'intérêt commun de l'affaire, comme disent les Américains, et ne s'occuper que de simples questions d'heures de travail et de salaires, il est parfaitement inutile d'en espérer une amélioration de la situation des travailleurs; ce serait, au contraire, la ruine de nombreuses industries qui ne pourraient soutenir la concurrence étrangère, la fermeture des usines, le chômage et la misère.

Je suis convaincu que la leçon de cette terrible guerre ne sera pas perdue et que nous verrons s'ouvrir une ère d'apaisement et de bonne entente. Cet esprit de loyale et fructueuse collaboration a paru s'établir dans nombre d'ateliers où se fabrique le matériel de guerre; beaucoup d'ouvriers ont pu s'y rendre compte qu'une production intensive est aussi avantageuse pour eux qui en tirent de larges salaires que pour le patron et la Nation elle-même.

Tout le problème est là, en effet, il faut intensifier la production, et, pour ce faire, on nous invite à nous inspirer des méthodes américaines qui donnent incontestablement des résultats remarquables. Quelles sont ces méthodes? Par quels procédés et grâce à quelles circonstances permettent-elles de produire très rapidement et à bon marché avec une main-d'œuvre très chère qui est, en général, inférieure à la nôtre, comme qualité?

Digitized by Google

Une usine américaine est presque toujours installée pour produire des types bien déterminés. C'est ce que l'on appelle des types standards et la standardisation. Ces types sont étudiés avec le plus grand soin dans leurs moindres détails. Un catalogue de machines américaines comporte toujours l'énumération et les dessins de toutes les pièces entrant dans la machine ; les moindres pièces sont inventoriées et numérotées. Grâce à cette prédétermination précise et minutieuse, l'acheteur est toujours sûr d'obtenir dans un court délai, sans hésitation ni erreur, tout ce dont il peut avoir besoin pour l'entretien ou le remplacement des pièces usées ou brisées.

Le fabricant, de son côté, tire de cette standardisation des avantages énormes. Une ou plusieurs machines outillées spécialement sont constamment affectées au même travail ; ces machines sont groupées de manière à éviter toute perte de temps et tout effort inutile. La matière première entre à une extrémité de l'atelier, subit en passant de machine en machine et de main en main des transformations successives ; enfin, les diverses pièces complètement usinées arrivent simultanément et parallèlement à l'atelier de montage où elles sont assemblées. Rien n'est plus facile avec cette organisation que d'installer le transport mécanique, non seulement d'un atelier au suivant, mais aussi, quand cela en vaut la peine, d'une machine à une autre. Dans l'atelier de montage, chaque pièce qui arrive est aussitôt mise en place par un spécialiste qui n'a que cette pièce à mettre en place et devant lequel défilent automatiquement toutes les machines en montage. Tout devient automatique ; l'atelier lui-même n'est plus qu'une vaste machine qui marche sans arrêt et sans à-coups ; tels sont les ateliers Ford pour la fabrication des automobiles, maintes et maintes fois cités comme exemple. Il ne faut pas croire, d'ailleurs, que cette organisation nécessite, sauf quelques cas très spéciaux, des machines extraordinairement ingénieuses et compliquées. L'utilisation constante et complète de chaque outil permet de faire les frais de celui qui assure le maximum de production dans le minimum de temps ; grand rendement, maximum de rapidité, voilà les qualités maîtresses que l'on doit avant tout rechercher et que les constructeurs de machines-outils ont comme objectif d'améliorer sans cesse dans leurs créations successives. C'est ainsi qu'ont apparu et que se sont multipliés les tours-revolvers portant plusieurs outils mis successivement et automatiquement en action, les perceuses multiples qui forent simultanément un grand nombre de trous sans qu'il soit nécessaire de déplacer la pièce à travailler ; toutes ces machines sont bien connues et de plus en plus employées dans nos ateliers. Mais ce qui est particulier à la méthode américaine c'est que, sauf quelques outilleurs qui préparent les outils avec une très grande précision, sauf les contremaîtres qui règlent puis mettent en route les diverses machines-outils, la grande masse des ouvriers fait toujours le même travail, exécute toujours les mêmes gestes ; il suffit d'apprendre à l'ouvrier à faire ces gestes qu'il n'aura ensuite qu'à répéter indéfiniment. Véritable manœuvre, il n'a nul besoin d'être un spécialiste formé par un long apprentissage et prêt à exécuter tous les travaux de son métier ; on peut textuellement lui appliquer le titre de manœuvre spécialisé que l'on emploie en ce moment un peu vite et parfois en dehors de son sens vrai.

Cette répétition par le même ouvrier des mêmes gestes, pour produire le même travail sur la même pièce, a conduit à une autre méthode qui, pour être distincte de la standardisation, en est cependant la conséquence inévitable : c'est ce que l'on a appelé la méthode de Taylor et la taylorisation. Il faut, en effet, dans une usine organisée comme je viens de l'exposer sommairement, non seulement que les pièces soient produites au moindre prix, mais aussi et surtout qu'elles arrivent exactement en proportion voulue dans un temps donné, de manière à éviter tout à-coup dans la marche générale de l'usine. De là découle, pour fixer le nombre de machines et d'ouvriers à affecter à la fabrication de chaque pièce, la nécessité de déterminer avec précision le temps nécessaire pour exécuter un travail donné, de le chronométrer et d'opérer une sélection parmi les ouvriers, en écartant tous ceux qui ne peuvent marcher du même pas, qu'ils soient insuffisants ou trop habiles.

On a fait grand bruit autour de la méthode de Taylor et préconisé son introduction dans les usines françaises. Mais, et c'est ce qui explique les résistances et les échecs, on n'a nulle part exposé les vrais motifs et les conditions de son application qui sont — je le répète — d'organiser l'exécution d'un travail déterminé en fonction de l'ensemble de la fabrication, tout autant, si ce n'est plus que d'abaisser le prix de revient. Cet abaissement résulte presque uniquement de la marche concordante de toutes les parties de l'usine ; il résulte de ce fait que, lorsque les ouvriers ont acquis le tour de main nécessaire, la fabrication peut se poursuivre sans désemparer, sans perte de temps et augmentation inutile des frais généraux, si la production d'une seule pièce était inférieure aux besoins, tout le reste de l'usine serait momentanément paralysé ; si elle était trop grande, il faudrait dans l'atelier en avance occuper les ouvriers et l'outillage à des travaux différents de ceux pour lesquels ils ont été organisés, ou pis encore, arrêter les machines et mettre le personnel en chômage.

L'exemple de la méthode de Taylor — qui est donnée dans une brochure très claire et très bien faite — d'un ouvrier transportant des pierres dans une brouette est, à ce point de vue, particulièrement malheureux et justifierait les oppositions très vives que la méthode soulève dans les milieux ouvriers. Au lieu de mettre en lumière l'ensemble des opérations, on insiste sur la partie faible de la méthode, à savoir la détermination du rendement et du prix de revient par empirisme, en faisant exécuter le travail par une série d'ouvriers sous la direction d'un chef qui enregistre le temps moyen nécessaire et oblige ensuite chacun à se conformer au résultat observé. Présentée ainsi, la méthode révolte l'ouvrier qui se refuse à être assimilé à une machine ; elle ne déplaît pas moins à l'industriel qui sait que, pour réussir, il doit au contraire faire appel à l'intelligence et à l'initiative de ses

Digitized by Google

collaborateurs. Ce serait une grosse maladresse que de tuer cette initiative intelligente qui est la qualité maîtresse de l'ouvrier français. Ce serait en outre heurter gratuitement le mouvement d'opinion, auquel je faisais allusion en parlant de la question ouvrière.

En résumé, le développement si intéressant des usines américaines est avant tout fondé sur la reproduction indéfinie d'un type bien déterminé ou standard. Lorsqu'il devient nécessaire de modifier un type démodé, autrement que dans un détail, c'est toute une organisation nouvelle à étudier, une nouvelle répartition du travail, c'est-à-dire des machines et des ouvriers à mettre au point, de nouvelles études et de nouveaux catalogues à préparer. Il en résulte une dépense considérable, devant laquelle le fabricant américain ne recule jamais, mais qu'il n'engage que lorsqu'il a tiré de son type standard tout ce qu'il pouvait en tirer.

Il est bien évident, à un autre point de vue, qu'il ne suffit pas de décider que la fabrication sera limitée à l'exécution de types standards : il faut encore obtenir de l'acheteur qu'il les accepte tels qu'ils sont manufacturés et refuse à exiger des produits plus étroitement adaptés au goût ou aux besoins de chacun. L'étude et la création de modèles spéciaux, construits en petit nombre, entraîne de gros frais ; elles immobilisent un personnel nombreux d'ingénieurs, de spécialistes et d'ouvriers, dont le temps pourrait être employé d'une manière infiniment plus fructueuse ; elles diminuent en un mot la puissance de production de l'usine. Si les acheteurs américains ne s'étaient pas contentés des types en cours de fabrication, toute la combinaison se serait écroulée.

Le succès de la méthode Taylor a, en fait, été dû aux circonstances dans lesquelles est née et s'est développée l'industrie aux États-Unis. Ces circonstances sont bien connues ; l'industrie américaine a été créée de toutes pièces très rapidement, dans un pays neuf que ne gênait aucune habitude, aucune tradition commerciale ; elle s'est adressée à une clientèle plus désireuse d'aboutir vite que de perdre un temps précieux à la recherche de perfectionnements. Cette clientèle est devenue très rapidement assez nombreuse pour absorber la production intensive d'immenses usines, alors que la création de trusts, assez puissants pour imposer leur volonté, a discipliné l'industrie qui s'est enfin formée à l'abri de droits protecteurs très élevés. L'Amérique, en un mot, était un pays jeune qui songeait avant tout à satisfaire son robuste appétit et se contentait de mets simples ; elle ne connaissait pas les raffinements des peuples plus anciens, qui recherchent plus de variété, plus de goût et plus d'art dans la satisfaction de leurs besoins.

Cette différence fondamentale apparaît avec une netteté frappante, quand on examine la place prise par l'industrie américaine sur les marchés extérieurs, avant la guerre bien entendu.

A diverses reprises, les grands industriels américains ont tenté d'installer en Europe de vastes usines fonctionnant suivant leurs méthodes ; les résultats financiers ont été la plupart du temps déplorables et certaines entreprises n'ont pu être sauvées du naufrage qu'en se pliant aux méthodes européennes.

Examinons d'autre part la statistique du mouvement commercial entre la France et les États-Unis, en 1911 : 90 pour 100 des importations en France se composent de matières premières et 10 pour 100 seulement de produits fabriqués. Le nombre des articles de fabrication standard qui ont pu prendre une place importante sur notre marché est en outre très limité. Les seuls qui méritent de retenir l'attention sont : les machines agricoles, les machines à écrire, les machines-outils, les pneumatiques et certains outils, d'une valeur globale de 48 millions seulement.

Si l'on examine au contraire les exportations de France aux États-Unis, on trouve que plus des deux tiers, représentant une valeur de 300 millions de francs se composent de produits fabriqués ; ce sont surtout des tissus, des vêtements, de la lingerie, des articles de luxe et de toilette, de la parfumerie, de l'horlogerie, de la coutellerie, de la bijouterie, des objets d'art, etc., tous articles pour lesquels la fabrication en série serait un non-sens.

On devrait peut-être ajouter, pour compléter ce tableau que, si l'Amérique a pu importer chez nous une si grande quantité de machines, la cause en est pour beaucoup à la politique douanière de notre pays qui a eu pour résultat, en protégeant la grosse métallurgie beaucoup plus efficacement que l'industrie mécanique, de rendre pour cette dernière la lutte particulièrement dure et inégale.

Mais entrer dans l'examen de cette grosse question m'écarterait de mon sujet et m'exposerait au reproche d'accumuler les arguments pour démontrer qu'il n'y a rien à emprunter aux procédés de fabrication ni à l'outillage des grandes usines américaines. Telle n'est pas, certes, ma pensée. Bien au contraire j'estime que nous pouvons tirer un grand profit de l'étude de ces méthodes et qu'il y a beaucoup à leur emprunter. J'ai cherché seulement à montrer que ni le milieu, ni les circonstances n'étant les mêmes, une copie servile et irréfléchie conduirait à un échec certain. Ce qui se passe actuellement pour la fabrication du matériel de guerre et notamment pour les obus, prouve que l'application faite avec à-propos de ces méthodes en France peut être excellente. Au début, quand il a fallu monter cette fabrication en utilisant n'importe quel atelier, la production a été faible et les prix de revient excessifs. Mais bientôt des ateliers spéciaux ont été organisés ; les machines ont été choisies, groupées méthodiquement et dans la proportion convenable pour épargner la main-d'œuvre et assurer une marche continue et harmonieuse : les ouvriers ont appris à exécuter rapidement et avec un minimum de fatigue un travail qui restait toujours le même. On a pu remplacer progressivement beaucoup d'ouvriers spécialistes par des manœuvres et par des femmes. On est arrivé ainsi, tout comme en Amérique, à produire vite et à bon marché. Certaines de nos usines ont été en fait installées à l'américaine ; inconsciemment peut-être, on y pratique standardisation et

Digitized by Google

taylorisation. A tous égards le résultat est excellent.

Les méthodes américaines peuvent donc avoir en France un plein succès, quand on les applique avec à-propos. Notre industrie en tirerait même un avantage particulièrement précieux, celui de n'être obligée de faire appel que dans une mesure limitée à la main-d'œuvre des spécialistes, qui, après la guerre, sera très rare, et très recherchée, et, par suite, très exigeante et très chère. Grâce à ces méthodes, la grande majorité des ouvriers pourrait être recrutée parmi les manœuvres.

La liste des industries qui pourront se placer dans ces conditions avantageuses comprendra, tout d'abord, par un paradoxe singulier, précisément celles qui étaient avant la guerre les moins prospères, par suite de la concurrence étrangère : machines agricoles, machines à écrire, machines à coudre, machines-outils, etc. Pour toutes ces fabrications, l'éducation de la clientèle est faite ; elle est prête à accepter les machines standards et non à imposer ses fantaisies, à une condition cependant, c'est que les catalogues de pièces de rechange soient aussi soigneusement étudiés qu'en Amérique, qu'elles puissent être fournies à bas prix dans un très court délai, sur le simple envoi d'une lettre ou d'une dépêche désignant le nombre et les numéros des pièces à fournir. Ce sera entre parenthèses une petite révolution dans la mentalité de nos industriels, qui ont trop souvent pris l'habitude de vendre les pièces de rechange à des prix et avec un bénéfice exagérés, erreur grave à tous les points de vue.

En dehors de ce terrain déjà défriché et où la récolte est assurée pour l'industriel actif et intelligent, le problème se complique singulièrement. Notre marché intérieur, en admettant même qu'il renonce à de vieilles habitudes, est trop étroit pour alimenter de vastes usines qui ne pourront prospérer que par l'exportation, ce qui les fera se heurter à la variété des goûts et des besoins des différents pays à desservir. On nous a répété assez souvent pour que nous ne puissions pas l'oublier, que le secret pour réussir sur les marchés étrangers consistait à leur fournir ce qu'ils souhaitent, ce qu'ils ont l'habitude de consommer, au lieu d'essayer de leur imposer une marchandise façonnée à notre goût. Cette nécessité s'est imposée à tous les grands pays exportateurs, comme l'Angleterre et l'Allemagne, et c'est précisément parce que les Américains n'ont pas pu, en raison même de leur organisation, se soumettre à cette règle élémentaire que les exportations sont restées limitées à quelques articles très spéciaux.

L'application intégrale des méthodes américaines d'utilisation intensive d'un outillage spécialisé devra donc forcément être restreinte à quelques industries. Est-ce à dire que nous n'ayons pas d'autres enseignements à tirer de ces méthodes? Ce serait une erreur aussi grave que de les appliquer intégralement là où elles ne peuvent qu'échouer.

Si nous ne pouvons pas songer à spécialiser nos usines pour un seul type de machine ou de produit, il est cependant nécessaire d'y mettre un peu d'ordre. Il faut que les vieilles manufactures où les machines ont été ajoutées petit à petit, sans plan préconçu, suivant les hasards des besoins ou des commandes, soient remaniées de fond en comble; que l'on n'hésite pas à mettre à la ferraille les vieilles machines démodées qui gaspillent avec le temps de l'ouvrier la force motrice; que l'on remplace les transmissions à longue distance par arbre et par courroie, où se perd une quantité d'énergie invraisemblable, par des moteurs électriques à action directe autant que possible, ou en tout cas ne conduisant qu'un petit nombre d'outils convenablement groupés.

S'il s'agit de grandes usines, il est indispensable d'affecter autant que possible chaque hall à une nature de produits déterminés, d'y installer les machines dans un ordre rationnel correspondant à la marche de la fabrication, de manière à éviter le transport des pièces d'un bout de l'atelier à l'autre ou d'un atelier dans un autre. On pourra alors choisir des machines exactement appropriées au travail à effectuer. Les ouvriers affectés à la fabrication auront à fournir un travail toujours du même genre, sinon identique.

Le chef d'un atelier ainsi spécialisé sera tout naturellement amené à étudier, puis à essayer des perfectionnements dans les modèles et l'outillage de manière à diminuer le prix de revient en augmentant le rendement; il aura pour devoir de les signaler, quand il les aura reconnus pratiques, aux bureaux d'études et de dessin. Lorsque le même chef a sans cesse à faire exécuter des pièces différentes, il n'a pas le temps de voir si une modification en apparence insignifiante permettrait, par exemple, de diminuer le nombre des opérations ou d'exécuter plusieurs opérations simultanées sur la même machine, sans déplacer la pièce. Une fois les machines réglées pour un travail bien déterminé, ce chef sera entraîné, pour les utiliser pleinement, à désirer la standardisation de certains organes. Des machines très différentes peuvent, en effet, être conçues avec des parties communes; l'espacement de certains trous ou leur diamètre peuvent, par exemple, rester les mêmes. Dans cet ordre d'idées un chef attentif et réfléchi peut, à condition d'opérer dans un atelier spécialisé, faire réaliser des économies considérables.

Quant au directeur, il devra disposer d'un bureau d'études et de dessin bien monté, dont l'attention devra être constamment tendue vers la recherche de tout ce qui pourra réduire le prix de revient et surtout qui saura tenir compte des indications du praticien. Les modèles établis à grands frais ne devraient pas s'entasser indéfiniment, mais, au contraire, être réutilisés aussi souvent que possible. Si la standardisation du produit fini est irréalisable, la standardisation de certaines de ses parties ou dimensions peut presque toujours s'effectuer. C'est le principe de l'unification des pas de vis. Est-ce que toutes les douilles de lampes électriques ne sont pas interchangeables, quelles que soient la puissance de la lampe et la nature de son filament? Est-ce que les étoffes les plus variées comme dessin ne s'exécutent pas dans les mêmes largeurs et sur les mêmes métiers? La standardisation ainsi comprise est presque toujours possible; elle peut, en outre, s'élargir très facilement

Digitized by Google

par des ententes entre fabricants pour uniformiser certaines parties de la fabrication, tout en laissant à chacun la liberté dont il a besoin pour apporter dans l'exécution et même dans la conception les perfectionnements et les améliorations qui lui sont personnels.

En résumé, chaque atelier d'une grande usine devrait être spécialisé pour la fabrication d'un genre de produits déterminé et se rapprocher ainsi de l'usine américaine. Mais il faut pour cela que le fabricant renonce à l'idée fausse qui le pousse trop souvent, sous prétexte d'augmenter son chiffre d'affaires, à accepter la commande en quelques exemplaires d'un produit qui ne rentre pas dans sa fabrication usuelle; il risque pour un bénéfice insignifiant de désorganiser sa fabrication. Qu'il ne veuille pas surtout exécuter tout lui-même; s'il n'a besoin de certaines pièces qu'en petit nombre, qu'il n'hésite pas à les demander à un spécialiste.

Au lieu de ruiner par une concurrence coûteuse les petits ateliers, les grands industriels devraient, en les commanditant au besoin, leur assurer une fabrication très spécialisée et un courant d'affaires suffisant pour les faire vivre et prospérer, tout en se délivrant eux-mêmes de détails qui leur font perdre un temps précieux ; il en résulterait certainement une baisse du prix de revient final. Si un électricien par exemple voulait exécuter lui-même les roulements à billes dont il a besoin, il ne les obtiendrait pas aussi parfaits et à aussi bas prix qu'en s'adressant aux spécialistes munis d'un outillage qu'une longue pratique a mis au point. Personne aujourd'hui ne songerait à opérer différemment; il y a bien d'autres cas analogues auxquels il vaut la peine de songer; avec un peu de bonne volonté, on en trouvera même beaucoup plus qu'on ne le croit.

On ne saurait trop insister sur l'urgence d'organiser la collaboration de la grande et de la moyenne industrie. Cette moyenne industrie est en effet celle qui a le plus besoin de se transformer et qui, en général, en a le moins le moyen. Ses ateliers sont le plus souvent vieux, mal aérés, mal éclairés, malsains. Son outillage est forcément médiocre, puisqu'il doit, suivant le hasard des commandes, servir aux usages les plus divers ; l'installation de machines modernes à travail rapide et économique ne peut dans l'état actuel des choses y être envisagée. La conséquence immédiate de cette déplorable situation est un gaspillage inadmissible de main-d'œuvre et des prix de revient beaucoup plus élevés. Si rien ne devait être changé à leur fonctionnement, les usines de la moyenne industrie seraient destinées à disparaître ; il ne resterait plus que le tout petit atelier, exempt de frais généraux et la grande industrie qui prendrait un accroissement dangereux pour sa prospérité même, obligée qu'elle serait de perdre beaucoup de temps et de main-d'œuvre à exécuter des travaux accessoires, qui l'encombreraient inutilement. Il y a bien assez de ruines en France, sans en ajouter d'autres par notre faute. Ce serait aussi une injustice, car il y a dans la moyenne industrie d'excellents éléments, une pépinière d'hommes intelligents, dignes d'intérêt et capables de rendre les plus grands services. Il sera avantageux pour tous de les sauver ; la grande industrie serait impardonnable de ne pas le comprendre.

En résumé, qu'il s'agisse de standardisation ou de taylorisation ou d'une manière plus générale de spécialisation, la condition essentielle du progrès, c'est l'entente, l'union entre fabricants, comme la condition essentielle pour que les questions ouvrières puissent se résoudre est également l'entente, l'association harmonieuse, entre le capital et le travail.

Quelle forme ces ententes peuvent-elles légalement prendre et doivent-elles choisir, pour obtenir le meilleur résultat ? Faut-il tendre vers le trust américain ou vers le cartel allemand ?

Le trust a de gros inconvénients ; ces sociétés énormes ont une tendance inévitable à ruiner ou à absorber les concurrents moins riches ou moins bien outillés, à détruire, à décourager tout esprit d'initiative individuelle. Elles deviennent presque toujours les victimes de leur développement exagéré, monstrueux, se transforment en vastes administrations peuplées de fonctionnaires indifférents à l'intérêt général de l'affaire et trop souvent en lutte entre eux. Quand des établissements industriels en arrivent là, l'expérience l'a maintes et maintes fois prouvé, la décadence n'est pas loin. L'incompétence et la routine des bureaux préparent la ruine ; les protestations énergiques du consommateur pressuré sans merci par les détenteurs d'un monopole de fait ameutent contre lui l'opinion publique. Le monopole succombe fatalement sous le poids de ses fautes et des haines accumulées contre lui.

Quant au cartel, à l'entente entre producteurs de la même industrie pour régler sagement la production, éviter les chutes brusques de prix, dues à une concurrence déréglée, suivies fatalement de la fermeture des usines ruinées, d'une raréfaction de la marchandise et d'une hausse qui n'est pas plus raisonnable, ni plus stable, il ne peut réussir que s'il englobe la presque totalité des fabricants d'un même produit. Mais alors il se heurte à l'article 419 du Code pénal sur l'accaparement, inscrit dans notre code à une époque où la grande industrie n'existait pas, par des hommes qui étaient restés sous l'impression des souvenirs de la Révolution et de l'accaparement des blés et qui ont certainement eu en vue les denrées alimentaires. La réforme de cet article, que toutes les associations considèrent comme indispensable, se heurte malheureusement à la mentalité fausse qui règne dans certains milieux.

On déclare bien haut que le développement du commerce et de l'industrie est indispensable au réveil économique de la nation, que lui seul peut produire assez de richesse pour alimenter un budget triplé ou quadruplé et amortir une dette, comme on n'aurait jamais pu soupçonner qu'il pourrait en exister; mais en même temps on traite les commerçants et les industriels en suspects. Certes, il y a des profiteurs, écume qui monte toujours à la surface dans l'ébullition des grandes crises, comme celle que nous traversons, véritables tempêtes qui remuent toute la société jusque dans ses bas fonds. Notre industrie en réalité sans matières

Digitized by Google

premières; sans moyens de transport, privée de plus des trois quarts de ses usines, qui se trouvent dans la région envahie, démunie de son personnel d'ouvriers, de contremaîtres, d'ingénieurs, d'administrateurs, appelés sous les drapeaux, a eu l'énergie de se reconstituer en quelques mois ; les risques étaient gros, la situation angoissante; rien ne l'a arrêtée dans son élan pour aider à la victoire. Tous ces hommes qui appréhendaient chaque jour qu'une de leurs usines était pillée, déménagée, démolie, que l'envahisseur faisait main basse sur leurs modèles, leurs dessins, leurs livres, anéantissait l'œuvre de toute leur vie; tous ces pères dont les fils répandaient leur sang pour la patrie, oubliant leurs douleurs, leurs angoisses et leurs pertes, ont donné sans compter ce qui leur restait de force et d'argent pour installer des fabriques d'obus et de canons, pour créer une industrie chimique qui nous manquait, tous aujourd'hui bandent leurs efforts pour la lutte économique de demain. Et on les confond pêle-mêle avec quelques brebis galeuses, on leur refuse le droit de se servir de cette arme puissante du cartel, qui seul a permis à l'Allemagne de développer, comme vous le savez, son industrie et son commerce d'exportation.

Eh bien, ces hommes ne se sont pas découragés et, réunis dans leurs syndicats patronaux, ils ont travaillé pour le bien général ; si bien travaillé, que devant la nécessité c'est l'État lui-même qui fait aujourd'hui appel à leur concours pour créer de véritables cartels. Je m'explique.

La mobilisation d'immenses masses d'hommes a réduit dans une proportion imprévue le nombre des bras utilisés à la production de toutes choses. Cette diminution dans l'apport des marchandises, que nous étions accoutumés à trouver en abondance, vous en connaissez les effets ; pour l'alimentation on les a dénommés les restrictions. Le monde entier est soumis à ce régime et jusqu'ici nous en avons bien moins souffert que nos amis anglais et italiens et même que certains pays neutres comme la Suisse. Si nous passons dans le domaine industriel, la pénurie des matières premières est telle que la quantité demandée est de beaucoup supérieure aux ressources existantes. Si on laissait le commerce agir en toute liberté, les prix monteraient sans limite ; on s'arracherait la marchandise. Les résultats d'une telle politique seraient une exportation croissante, dangereuse de notre or, un renchérissement de toutes choses et qui pis est une répartition inégale et injuste de ces matières précieuses. Le remède s'imposait, il fallait un seul acheteur qui puisse débattre les prix, sans être gêné par la concurrence ; il fallait aussi un organe de répartition des matières acquises

Or, l'État manquait d'hommes compétents pour acheter et ignorait, encore bien plus, comment répartir la marchandise de manière qu'elle arrive entre les mains de ceux qui pouvaient en tirer le parti le plus avantageux pour la collectivité. Quelque mal que nous pensions des gouvernants, en notre qualité de Parisiens blagueurs et frondeurs de naissance, nous devons reconnaître que M. le ministre du Commerce a fait, dans l'espèce, preuve de sagesse et de clairvoyance, en faisant appel aux intéressés, aux syndicats patronaux, qui, sous le contrôle de l'État, ont constitué des bureaux d'achat et de répartition de certaines matières premières.

Il ne faut pas se dissimuler que ce sont de véritables cartels d'achats, comme les tentatives, encore à l'état d'ébauche, pour la chaussure nationale, constituent un véritable cartel de vente. Mais alors ils devraient tomber sous le coup du terrible article 419. Ils y échappent cependant parce que l'intervention de l'État leur donne un caractère d'utilité publique et que son contrôle est une garantie contre les abus. Ces cartels sont d'ailleurs appelés à durer longtemps encore ; car après la guerre la recherche des matières premières nécessaires à une industrie, qui devra satisfaire la demande pressante du monde entier dont les stocks sont épuisés, sera peut-être encore plus vive qu'aujourd'hui et la production restera, si vite qu'elle reprenne, bien inférieure aux besoins.

Ne vous semble-t-il pas qu'il y a là le germe de la solution cherchée ; certes aujourd'hui l'intervention de l'État est beaucoup trop considérable ; mais lui seul peut assurer l'ouverture des crédits à l'étranger, trouver le fret et obtenir les permis d'exportation des pays alliés. Mais si les représentants de l'industrie savent faire prévaloir leur influence, son rôle s'amoindrira ; il se réduira à un simple contrôle, à un droit de regard, juste ce qu'il faudra pour conserver à l'œuvre son caractère d'utilité publique qui la couvre contre les foudres de la loi. Elle pourra alors survivre à la guerre, à la condition cependant que nous restions unis dans nos chambres syndicales et que nous ne brisions pas par nos propres divisions l'outil que l'on a remis entre nos mains. S'il devait en être ainsi, il serait bien inutile de modifier l'article 419, nous serions indignes et incapables de tirer profit de la liberté que nous réclamons.

J'ajouterai, pour bien montrer l'évolution des idées, que des organismes analogues se sont créés pour la reconstitution des usines en pays envahis : sucreries, brasseries, houillères, usines électriques, poussées par la même nécessité, ont réalisé sous le contrôle de l'État, des ententes, en vue d'acheter l'outillage dont elles ont besoin, ententes qui dureront, espérons-le, pour le bien de tous.

Le noyau de toutes ces organisations, ce sont les syndicats ou les unions des syndicats, c'est-à-dire, l'union libre, basée sur la communauté des intérêts et les services rendus et qui n'a rien de commun avec le syndicat obligatoire, la corporation obligatoire organisée à la prussienne. Cela est fort heureux, car, si l'excès de l'individualisme est une grave cause de faiblesse dans les grandes luttes commerciales et industrielles de notre époque, le syndicat obligatoire, qui répugnerait d'ailleurs à notre caractère, ne serait que la contrefaçon et la préface d'un autre fléau, l'étatisme, dont le résultat immédiat est de tuer toutes les initiatives et avec elles l'esprit industriel.

Avant la guerre, la plupart des syndicats patronaux

Digitized by Google

étaient en sommeil; quelques rares membres assistaient à des séances espacées. On votait des vœux contenant de platoniques protestations contre les lois à l'étude, suivis d'autres vœux pour obtenir des faveurs de ce même pouvoir contre lequel on venait de fulminer, besogne aussi vaine que futile. Aujourd'hui beaucoup de ces mêmes syndicats ont secoué leur torpeur et pris conscience du rôle qu'ils ont à jouer pour la défense et surtout pour le développement des industries qu'ils représentent; ils votent des décisions utiles et pratiques; ils agissent plus et parlent moins.

L'Union des Syndicats de l'Électricité, par exemple, a provoqué la création d'un important journal hebdomadaire, destiné à fournir à l'industrie électrique française l'arme de défense et de propagande qu'assurait à l'Allemagne une publication bien connue ; à l' « Elektrotechnische Zeitschrift », nous pouvons opposer la « Revue générale de l'Électricité ». Le Cercle de la Librairie, autre organisation syndicale importante, a fait un effort extrêmement intéressant, en organisant des cours pour les libraires, commis-libraires, hommes et femmes. Dans plusieurs industries, l'organisation à frais communs de la représentation à l'étranger contient en germe un des moyens les plus efficaces de développer nos exportations et d'étendre l'influence française.

Ce ne sont là que des cas pris au hasard parmi bien d'autres de ce qui se passe actuellement dans les syndicats et aussi, partout où elles existent, dans les unions de syndicats. Ce qui est plus caractéristique encore, c'est la création de grandes unions nationales ayant chacune un but particulier, comme l'Association nationale d'Expansion économique, les Foires de Lyon et de Paris. Je ne vous en citerai qu'une. Homme d'action plus que de parole, vous vous en êtes aperçus, je travaille de toutes mes forces à développer cette union et à la faire connaître. Je ne pouvais donc laisser échapper l'occasion que m'offrait cette conférence d'expliquer son but et sa portée.

L'Union Nationale Intersyndicale est née de la nécessité de nous défendre contre un des procédés de concurrence déloyale le plus usité par la concurrence allemande, la tromperie sur la véritable provenance des marchandises. Un exemple entre mille ; la quincaillerie française s'était fait dans l'Amérique du Sud une réputation méritée pour le bon goût et le fini d'exécution de ses produits. Les négociants de Hambourg, constamment battus, imaginèrent d'envoyer dans ces pays des paquets dont le contenu était indiqué par une étiquette écrite en français, les acheteurs s'y laissèrent naturellement prendre ; mais à leur grande surprise ils ne trouvèrent dans ces paquets que la pire des camelotes. A leurs plaintes justifiées, un représentant bien stylé répondit qu'ils étaient victimes uniquement de leur engoûment stupide pour les produits français et s'empressa de leur offrir de la bonne marchandise allemande en échange de la mauvaise marchandise des déloyaux industriels français. Ils étaient dans la place et surent en profiter largement. Est-il besoin d'insister sur le danger de voir les Allemands employer tous les moyens pour introduire, sous un masque neutre ou même allié, des produits que le consommateur répugnera à acquérir de leurs mains souillées de tant de crimes.

La première idée qui vient à l'esprit est de recourir à la loi pour imposer des marques obligatoires d'origine ; hélas ! les lois et surtout celles qui supposent une entente internationale, comme c'est le cas ici, n'aboutissent que bien lentement et souvent trop tard. D'ailleurs, si l'on étudie la question d'un peu près, on reconnaît bien vite que de telles mesures, rationnelles en principe, ont de grandes chances de devenir vexatoires et inefficaces ; vexatoires à cause de l'ingérence de l'Administration et parce qu'elles entraîneraient des représailles des pays étrangers, inefficaces parce que nous ne pouvons connaître que la frontière par laquelle pénètre la marchandise et bien rarement son origine réelle et aussi parce qu'elles ne nous fourniraient aucune arme sur les marchés étrangers contre des fraudes du genre de celle que j'ai citée et bien d'autres analogues. Il est bien certain que, dans les luttes commerciales comme dans les luttes à main armée, rien ne peut remplacer l'offensive ; nos industriels et nos commerçants doivent fièrement arborer le drapeau national sur leurs marchandises; de là est née la conviction qu'il fallait créer une marque collective d'origine réservée aux produits fabriqués en France par des Français, avec des capitaux français. Mais une telle marque ne pouvait avoir de valeur que si elle réunissait deux qualités, l'uniformité, quel que soit le produit, et la sincérité.

L'uniformité s'impose; car, s'il y avait autant de marques que d'industries et de régions, l'acheteur ne pouvant les connaître toutes n'y attacherait plus aucune importance, tandis qu'une marque unique sera forcément connue et recherchée de l'acheteur le moins renseigné et le plus inattentif.

Quant à la sincérité, ce n'est pas à une bureaucratie incompétente et routinière ni à de longs règlements entre les mailles desquels on trouverait vite le moyen de passer, que l'on peut se fier.

C'est pour tous ces motifs et aussi parce que l'intervention des organisations syndicales a été appréciée par l'Etat lui-même, comme je le disais pour les comptoirs d'achat de matières premières comme la seule garantie de compétence et d'impartialité, c'est enfin parce que les intéressés se sont décidés à pratiquer ce que les Anglais appellent la « self defence », à mettre en pratique la vieille maxime « aide-toi, le ciel t'aidera », que la marque d'origine française a été créée et déposée dans tous les pays par une union intersyndicale.

La marque vous la voyez : Unis-France; elle dit bien ce qu'elle veut dire et, pour sacrifier aux habitudes venues d'outre-mer, elle se compose des premières lettres du titre de l'Union.

Le résultat ne s'est pas fait attendre. Patronnée, encouragée par les plus puissantes associations patronales, comme par les hommes les plus autorisés du gouvernement et du Parlement, l'Union qui a deux ans à peine de fonctionnement réunit, à quelques unités près, cent syndicats patronaux appartenant aux industries les

Digitized by Google

plus diverses, Les usagers sont près de mille et leur nombre augmente de jour en jour. Comme vous le dit l'affiche, vous pouvez avoir toute confiance en cette marque, les produits qui la portent sont garantis français et son application soumise au contrôle sévère e compétent des industriels de la profession.

Il est du plus haut intérêt d'en généraliser l'usage mais pour cela il ne suffit pas que les producteurs les emploient, il faut aussi que les acheteurs, le public, vous tous, Mesdames et Messieurs, vous les réclamiez sans cesse et, s'il le faut, vous les exigiez des commerçants, qui seront bien obligés alors de les exiger eux-mêmes de leurs fournisseurs. Il faut que tous les Français qui sont animés du désir d'aider au développement de notre industrie nationale les propagent par tous les moyens dont ils peuvent disposer.

Je n'ajouterai qu'un mot, c'est que les créateurs de la marque ne sont pas des fanatiques à courte vue, qu'ils ne poursuivent pas une œuvre absurde de boycottage des produits étrangers. Bien au contraire, ils n'ont en vue qu'une œuvre de loyauté commerciale et ils le prouvent en tendant la main aux œuvres analogues qui existent ou qui se créent à l'étranger : marque irlandaise, marque danoise des beurres, marque hollandaise, marque genevoise, marque américaine, etc. Le mouvement est, en effet, universel; dans tous les pays au même danger, à la même défiance des procédés trop connus de nos ennemis, on se prépare à opposer la même défense, que tous s'accordent à déclarer la meilleure.

La fédération des marques collectives d'origine sera bientôt une forme internationale de cet esprit d'union, dont je vous ai montré la nécessité dans toutes les questions.

Union de la science et de l'industrie, union du capital et du travail, union de la grande et de la petite industrie, union des industriels entre eux : cartels, trusts, syndicats, fédérations, l'union sous toutes les formes, voilà le levier à l'aide duquel nous reconstituerons et nous développerons notre puissance. C'est la plus importante des idées générales que je voulais mettre en lumière aujourd'hui, transformation profonde, je le reconnais, car elle comporte l'abandon de nos vieilles idées individualistes et des théories économiques professées par nos maîtres.

Je terminerai en appelant toute votre attention sur une autre idée non moins importante et non moins révolutionnaire par le changement qu'elle nécessite dans nos habitudes et nos mœurs. Nous avons vécu depuis 1871 avec une âme de vaincus, manquant de confiance en nous-mêmes, mécontents de notre situation, humiliés par les sacrifices douloureux qu'il nous fallait consentir pour maintenir une paix précaire; nous avions, par suite, une tendance fâcheuse à nous dénigrer nous-mêmes et à citer nos ennemis comme des modèles, tristes modèles, avouons-le, maintenant qu'ils ont montré toute la fausseté et l'infamie de leur caractère. A cet esprit chagrin, il faudra, après la victoire, opposer, non pas un orgueil excessif, non pas une vanité insupportable, mais la foi en nous-mêmes, en notre force, en nos qualités de courage et d'initiative, auxquelles le monde entier rend hommage. Il faudra surtout nous respecter les uns et les autres et, pour en revenir au commerce et à l'industrie, ne plus les traiter comme des arts nécessaires mais inférieurs, les reconnaître au contraire, comme un des éléments essentiels à la vie et à la prospérité de la nation. N'est-ce pas dans les pays de marchands, qu'ils s'appellent la Grèce, Venise, Gênes ou les Flandres, qu'il y a eu les plus belles floraisons de l'art et de la littérature?

R. Legouez,
Membre de la Chambre de Commerce de Paris.

Assemblées générales

Appareillage électrique Grivolas.

Assemblée générale extraordinaire du 1er mars 1918.

Les actionnaires se sont réunis pour constater l'émission de la souscription des 15 000 actions de 100 fr représentant l'augmentation du capital de 1 500 000 fr voté à l'assemblée générale extraordinaire du 26 septembre 1917, ainsi que le versement de la totalité de la prime d'émission et d'une somme au moins égale au premier quart sur chacune de ces actions.

En conséquence, l'augmentation du capital est définitivement réalisée, et le capital social qui était de 3 500 000 fr est porté à 5 000 000 fr.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF : Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine

2e ANNÉE. TOME III. — N° 13. 30 MARS 1918.

Chronique. — La fatigue industrielle et le rendement de la main-d'œuvre dans les pays de l'Entente. — Le Congrès du Génie civil. — Le timbre des effets de commerce, p. 457-458.

Section scientifique et technique. — Moteurs asynchrones à grand facteur de puissance et à chute de vitesse réglable, par R. PICOU, p. 459. — Repérage de corps étrangers par la radioscopie, par A. BORDRIONNET, p. 463. — Revues, analyses et informations : L'histoire technique des fréquences, p. 465 ; Sur les propriétés magnétiques du manganèse et de quelques aciers spéciaux au manganèse, p. 468.

Section industrielle. — Le matériel roulant aux Etats-Unis d'Amérique, par J. CARLIER, p. 469. — La troisième Foire de Lyon *(suite)*, par J. N., p. 489.

Section économique et financière. — Le Congrès du Génie civil : Rapport de M. Jean REY sur l'utilisation des forces naturelles pour la production de l'énergie électrique, p. 493.

La fatigue industrielle et le rendement de la main-d'œuvre dans les pays de l'Entente. — Il est assez curieux et instructif de suivre le rendement de la main-d'œuvre dans les usines de guerre où le travail a été poussé dans tous les pays à une limite qu'il n'avait encore jamais atteinte.

Quoique la France soit un des pays pour lesquels il a été donné le moins d'indications précises d'origine officielle sur ce sujet, nous osons espérer que la main-d'œuvre n'en fait pas moins l'objet d'une étude attentive et suivie. En l'absence de tous renseignements de ce genre puisés chez nous, nous donnerons les résultats obtenus dans les pays alliés, et en particulier chez nos voisins d'outre-Manche, gens pratiques s'il en fut.

Quoique la division de la journée de 24 heures entre plusieurs équipes travaillant par roulement ne soit pas applicable sous la même forme à toutes les industries, il est remarquable d'observer que les rapports officiels en constatent partout les bons résultats.

C'est ainsi que, après avoir fait une enquête dans un grand nombre d'ateliers en Angleterre, le professeur Loveday a pu dégager une foule de renseignements qu'il est utile de connaître et nous nous contenterons de résumer ici les principaux.

Tout d'abord, le professeur Loveday a examiné la question, qui paraît banale à première vue, du « déjeuner du matin », et il cite à l'appui l'exemple suivant :

Une même compagnie exploite trois usines dans la même région, deux de ces usines sont dans une même grande ville, elles emploient respectivement 7000 et 1500 ouvriers, la troisième, qui en emploie 1500, est située dans une ville du voisinage.

La différence entre les trois usines est la suivante, au point de vue du travail : même durée dans les trois cas, soit 53 heures par semaine ; mais, tandis que la journée est interrompue par le déjeuner de midi pour la troisième usine, dont les ouvriers prennent leur premier déjeuner chez eux avant de venir au travail, il y a deux coupures dans la journée de travail des deux premières usines, une pour le petit déjeuner du matin, l'autre pour le lunch suivant la mode anglaise. Et, alors que le temps perdu dans l'usine à un seul repas est de l'ordre de 0,01 pour 100, il est de 3 pour 100 dans les deux autres usines.

Un examen approfondi du professeur Loveday permet d'attribuer le rendement plus faible des deux usines en question, non à une durée de travail moindre, mais au fait que les ouvriers y travaillent pendant un certain temps à jeun, c'est-à-dire dans un état de dépression bien naturel. Au contraire, le meilleur rendement subsiste et peut même devenir plus marqué lorsqu'on réduit la durée des heures de travail ainsi qu'on va le voir.

Des statistiques recueillies par le Dr Vernon, portant sur 12 mois et un nombre de cas considérables, ont été faites au cours d'un régime uniforme de travail sans que rien ne soit venu troubler la période d'observation, les résultats sont concluants.

C'est ainsi que, dans un atelier où 80 femmes travaillent à tourner des têtes de fusées en aluminium, on les fait travailler successivement 66 et 45 heures par semaine, la production correspondante, loin de décroître comme on pourrait le supposer, est restée un peu supérieure dans le second cas malgré la réduction du nombre d'heures de travail.

Digitized by Google

Dans un autre atelier, 40 femmes sont occupées à des travaux de filetage à la machine automatique ; elles travaillent, dans un cas, 65 heures par semaine, et, dans l'autre, 48 heures seulement.

Si, dans le premier cas, la production horaire est représentée par 100, elle a été trouvée de 133 dans le second, et il y a presque égalité dans la production totale puisque

$$65 \times 100 = 6500$$

et

$$48 \times 133 = 6384.$$

Pour le calibrage des fusées, 56 vérificateurs ont travaillé successivement 58,2 heures et 51,2 heures. La production que nous évaluerons à 100 dans le premier cas est passée à 139 dans le second.

Autre exemple, dans une autre usine 15 jeunes gens étaient employés à l'alésage de gaines avec des machines semi-automatiques ; or, tandis qu'ils travaillaient 72,5 heures par semaine, leur production horaire était représentée par 100, et en travaillant 54,5 heures cette même production horaire est passée à 129. On voit par là qu'une suppression de 18 heures de travail n'a entraîné qu'une réduction de 3 pour 100 dans la production.

On pourrait multiplier les exemples à l'infini ; ils se traduisent toujours par le même résultat ; pour certains les rendements quotidiens sont même supérieurs malgré la diminution de la durée du travail.

Notons que, en Italie, les constatations faites aux usines Riva de Milan concordent parfaitement avec celles du Dr Vernon en Angleterre.

Si nous essayons de passer en Russie le résultat est tout autre ; mais ici l'étude relève plus de la psychologie des foules que de celle de la fatigue industrielle.

C'est ainsi que le mineur du Donetz ne travaille plus que 18 à 20 jours par mois et son rendement moyen journalier a baissé de 30 pour 100, mais il est bon de noter que cette crise d'activité qui frappe la Russie est surtout le résultat de l'effort systématique des organisations qui visent à troubler le pays.

Si nous avons cité la Russie c'est pour montrer l'écueil auquel conduit la désorganisation démagogique du travail, désorganisation contrastant d'une façon éclatante avec les heureux résultats d'une étude scientifique des méthodes de travail. — A. S.

Le Congrès du Génie civil. — Ainsi que nous l'avons annoncé dans le précédent numéro, les séances plénières du Congrès ont commencé le lundi 18 mars. Elles se sont poursuivies toute la semaine dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne, l'après-midi pour les quatre premiers jours, le matin et l'après-midi pour les deux derniers. Les matinées des premiers jours étaient réservées aux discussions dans les sections.

En raison du grand nombre de matières faisant l'objet des travaux du Congrès, l'organisation suivante avait été adoptée pour rendre possible une discussion à la fois minutieuse et de durée compatible avec le temps dont on disposait : chacune des dix sections du Congrès avait porté à son programme les questions qui lui paraissaient devoir être envisagées en séances plénières ; un rapporteur était nommé pour chaque question et son rapport était discuté dans des réunions préliminaires qui eurent lieu en décembre 1917, janvier et février 1918 ; les modifications reconnues utiles à la suite de ces discussions furent de nouveau discutées dans les réunions définitives du 18 au 20 mars ; un rapporteur général nommé dans ces réunions était chargé de présenter en séance plénière un résumé des divers rapports de sa section et de leurs conclusions ; à la suite de cette présentation une nouvelle et définitive discussion était ouverte.

La « R. G. E. » donnera une analyse des rapports qui, par leur nature, intéressent ses lecteurs ; on trouvera plus loin, dans la Section économique, le point de vue économique étant surtout envisagé dans les rapports du Congrès, le résumé d'un de ceux qui ont été présentés par la section « Electricité ».

Le timbre des effets de commerce. — Rappelons à nos lecteurs que c'est le 1er avril 1918 qu'entre en application l'article 18 de la loi de finances du 31 décembre 1917 publiée au « Journal officiel » du 1er janvier 1918, p. 9, sous le titre : Loi portant : 1° ouverture, au titre du budget ordinaire des services civils de l'exercice 1918, de crédits provisoires applicables aux mois de janvier, de février et de mars 1918, 2° autorisation de percevoir pendant les mêmes mois les impôts et revenus publics.

L'article 18 relatif au timbre des effets de commerce, est ainsi conçu :

A l'expiration d'un délai de trois mois après la promulgation de la présente loi, le tarif du droit proportionnel de timbre établi par l'article 1er de la loi du 5 juin 1850 et applicable aux effets négociables ou de commerce autres que ceux tirés de l'étranger sur l'étranger et circulant en France, ainsi qu'aux écrits visés par l'article 4 de la loi du 19 février 1874, est fixé à vingt centimes (20 centimes) par 100 fr ou fraction de 100 fr.

Le droit proportionnel de 15 centimes par 100 fr ou fraction de 100 fr prévu au second alinéa de l'article 2 de la loi du 5 juin 1850 est porté à soixante centimes (60 centimes) par 100 fr ou fraction de 100 fr.

Toutefois, les effets négociables ou de commerce souscrits en France, tirés sur l'étranger, et payables hors de France, resteront soumis au droit du timbre d'après le tarif édicté par la loi du 5 juin 1850.

La même loi de finances prévoyait par ses articles 19 à 23 la perception d'une taxe de 20 centimes par 100 fr ou fraction de 100 fr sur tous les titres constatant des payements ou des versements de sommes et par ses articles 23 et 25 une taxe de 20 centimes par 100 fr ou fraction de 100 fr sur la vente au détail de toutes marchandises, fournitures ou objets quelconques. Mais ces taxes doivent faire l'objet soit de règlements d'administration publique, soit d'arrêtés du ministre des Finances qui n'ont pas encore paru au moment où ces lignes sont écrites.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Moteurs asynchrones à grand facteur de puissance et à chute de vitesse réglable

La nécessité reconnue d'améliorer le facteur de puissance des usines de distribution a ramené l'attention sur les dispositions techniques propres à donner un tel résultat : avanceurs de phase, moteurs synchrones surexcités, etc. Ce qui suit est une contribution à cet ordre de recherches. Il s'agit d'un dispositif donnant à un moteur asynchrone un facteur de puissance pratiquement égal à l'unité à toutes charges. Ce dispositif peut, en outre, être complété d'une manière simple de façon à permettre le réglage au glissement en fonction de la charge, sans altération sensible du rendement. Enfin, cette machine, présentée ici comme « moteur », peut être employée en « générateur », absolument comme tout autre type d'alternateur, sans être astreinte à recevoir d'un appareil auxiliaire une fréquence imposée. Dans tous les modes d'emploi, la construction proposée permet d'augmenter très notablement l'entrefer, sans rien sacrifier des propriétés du groupe, ce qui, du point de vue mécanique, constitue un avantage évident.

Dispositif. — Si l'on introduit dans les circuits du rotor d'un moteur asynchrone une force électromotrice de phase et de fréquence convenables, on peut modifier profondément ses conditions de fonctionnement. C'est ce que l'on peut obtenir au moyen d'une machine auxiliaire de faible puissance jouant le rôle d'une excitatrice. La machine à excitation interne que j'ai décrite en 1913, dans la forme où je l'ai appliquée aux alternateurs, convient particulièrement pour cet usage.

Je rappelle sommairement que cette machine excitatrice comporte (fig. 1) : un rotor identique à celui d'une

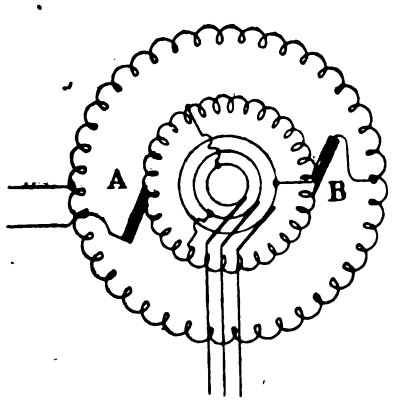


Fig. 1. — Schéma d'une excitatrice système Picou.

commutatrice, avec bagues et balais ; un stator identique à celui d'un moteur asynchrone, c'est-à-dire à bobinage continu. Le courant alternatif lancé sur les bagues crée un champ magnétique fixe dans l'espace, l'excitatrice tournant au synchronisme.

Dans les mêmes fils du rotor, ce champ crée une force électromotrice telle que l'on tire du courant continu des balais portant sur le collecteur. Le champ que créerait à son tour ce continu se trouve annulé par le bobinage du stator, identique en principe à celui du rotor et qui forme bobinage de compensation.

Si, au lieu de tourner au synchronisme, une telle machine tourne à une vitesse peu différente, il est clair qu'elle engendrera une force électromotrice alternative ayant la fréquence du glissement. On pourra y recueillir du courant à n phases en faisant porter sur le collecteur les n balais nécessaires, et en subdivisant convenablement le bobinage de compensation. Tout ceci est l'évidence même et il n'y a pas à s'y arrêter plus longuement.

Si l'on attelle une de ces machines sur l'arbre du moteur, en l'alimentant de la même manière que l'excitatrice d'un alternateur par l'intermédiaire d'un transformateur réducteur et de transformateurs de compoundage, on a la combinaison représentée schématiquement par la figure 2. Nous allons montrer que l'on obtient ainsi un *moteur asynchrone à grand facteur de puissance et à glissement réglable*.

Dans cette figure, M est le moteur dont R_m est le rotor ; l'excitatrice comprend le rotor R et le stator S. Le premier, toujours construit sur le type d'un induit de commutatrice, porte des bagues et un collecteur. Sur ce dernier, des balais A, en nombre et en position convenables (généralement trois espacés de 120° électriques), recueillent les courants polyphasés engendrés dans le bobinage. L'excitation est produite par les courants issus du transformateur réducteur Tr, qui ont passé par les transformateurs de compoundage Tc avant de parvenir aux balais B. Ces courants magnétisants se ferment sur le bobinage de R. Le stator S porte les bobinages de compensation équilibrant les forces magnétomotrices produites dans le rotor par les courants débités à l'extérieur.

Digitized by Google

La machine ainsi équipée est une génératrice. Le courant introduit par les bagues crée un champ magnétique qui, avec le sens convenable de connexions, tourne dans l'espace avec la vitesse angulaire $(\Omega - \omega)$ du glissement. Par rapport aux fils du rotor même, il tourne avec Ω; la force électromotrice engendrée crée le courant extérieur d'excitation. La fréquence de ce dernier, après le collecteur, se trouve ramenée à celle qui correspond à la pulsation $\frac{\Omega - \omega}{2p}$ du glissement; elle est donc la même que celle de la force électromotrice du glissement de R_m du moteur principal. La phase ne dépend que du calage des balais A, que les circuits de compensation doivent suivre dans leur déplacement s'il y a lieu.

Ainsi, dans le circuit des rotors R et R_m le courant résultera des diverses forces électromotrices suivantes : force électromotrice de glissement; force électromotrice de la génératrice tournant dans le champ créé par le courant réactif venant des transformateurs Tr et Tc et réduite, par le collecteur, à la fréquence de la précédente.

Pour étudier aisément le fonctionnement du groupe ainsi constitué, il est commode de s'appuyer sur la remarque fondamentale que voici :

La force électromotrice qui crée le courant d'excitation dans l'excitatrice est due au flux qui se développe dans celle-ci et lui est proportionnelle. Ce flux lui-même vient du courant magnétisant dû aux forces électromotrices des transformateurs. Si l'on reste loin de la saturation du fer, on pourra admettre que le flux et, par suite, les courants qu'il détermine sont proportionnels aux forces électromotrices des transformateurs. On

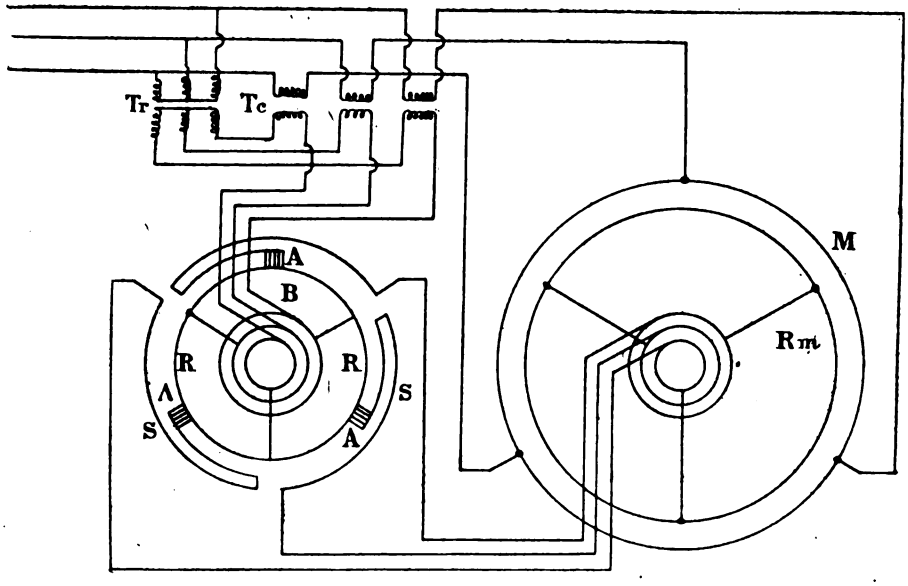


Fig. 2. — Schéma d'une excitatrice système Picou montée sur l'arbre d'un moteur asynchrone.

pourra alors raisonner comme si les forces électromotrices des transformateurs Tr et Tc étaient introduites directement dans le circuit des rotors, les changements convenables de phase et de fréquence étant préalablement établis. On fera ainsi abstraction, dans le raisonnement, de l'excitatrice, considérée implicitement comme produisant ces changements nécessaires de fréquence et de phase.

Grâce à cette hypothèse de simplification, il devient immédiatement évident que le moteur ainsi armé prend les propriétés des moteurs à collecteur. En particulier, l'excitatrice modifie les propriétés du moteur asynchrone simple en lui conférant les suivantes : 1° fonctionnement à $\cos \varphi = 1$ pratiquement à toutes charges; 2° par l'emploi du compoundage : faculté de régler à volonté le glissement, sans perte d'énergie, à une valeur quelconque, positive, nulle ou même négative.

Comme l'emploi de l'excitatrice équivaut, d'après la remarque ci-dessus, à l'introduction d'une force électromotrice dans le rotor, ces propriétés vont se déduire aisément de diagrammes dérivés de ceux qui sont classiques pour l'étude des moteurs à collecteur.

Facteur de puissance. — Soit (fig. 3) le diagramme simplifié du moteur asynchrone : XX une horizontale qui définit un certain couple, et par conséquent B_0 le point de fonctionnement ordinaire. Après injection d'une force électromotrice convenable, le point de fonctionnement viendra quelque part sur XX en B_1. Nous supposerons d'abord qu'il n'y a pas de compoundage et que le transformateur Tr existant seul est réglé de manière que la force électromotrice injectée est juste égale à CO et en phase avec cette même ligne. On sait que le point B_1 est sur la circonférence de diamètre OM. Comme CO ne change pas avec la charge, cette circonférence est le lieu géométrique de tous les points B et caractérise le nouveau fonctionnement. Pour le couple considéré, le glissement nouveau est propor-

Digitized by Google

tionnel à $\frac{B_1O}{B_1M}$, peu différent du glissement ordinaire $\frac{B_0C}{B_0M_0}$ Mais l'angle φ reste pratiquement voisin de zéro, et son cosinus encore plus voisin de l'unité, à toutes charges utiles. En faisant l'épure, même à grande échelle, pour un moteur donné, on ne peut pas mesurer

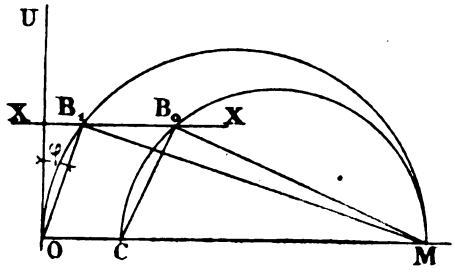


Fig. 3. — Diagramme simplifié du moteur asynchrone.

avec quelque précision le facteur de puissance; on doit le déduire de la mesure des angles φ.

Voici le tableau, pour un moteur particulier, des valeurs correspondant au moteur et sans excitatrice :

Facteurs de puissance en fonction du couple C_n (couple normal).

C	φ	cos φ	cos φ'
0,25 C_n.....	+ 11°	0,982	0,655
0,50 C_n.....	+ 3,5	0,998	0,844
0,75 C_n.....	0	1,000	0,885
1,00 C_n.....	— 2,5	0,999	0,890
1,25 C_n.....	— 5	0,996	0,887
1,50 C_n.....	— 9	0,988	0,868

L'excitation CO peut être différente de la valeur juste, c'est-à-dire de celle que prendrait à vide le moteur asynchrone; la circonférence OB_1M reste néanmoins le lieu géométrique des points B. On peut donc la choisir de manière à obtenir la valeur unité pour le couple le plus probable. Dans l'exemple ci-dessus, on l'a choisie telle pour les 0,75 du couple maximum normal.

Le glissement, qui était de 0,034, tombe à 0,030; la différence est insignifiante.

Réglage du glissement. — Supposons maintenant que, sans rien changer aux conditions ainsi établies, nous ajoutions l'action des transformateurs de compoundage. Ils introduisent dans la force électromotrice injectée une composante en phase avec le courant primaire. Ce sera par exemple OG (fig. 4), car le point G tombe nécessairement sur la droite OB_1 qui figure le courant primaire. Rien d'autre n'est modifié dans le fonctionnement que le glissement, qui devient proportionnel à $\frac{B_1G}{B_1M}$. Le courant secondaire CB, résulte de l'action des trois composantes de force électromotrice CO, OG, GB_1.

Si l'on fait l'excitation compound juste, c'est-à-dire $OG = OB_1$, le glissement devient nul à toutes charges. La vitesse reste constante, sans qu'on puisse dire qu'il y ait *synchronisme* avec la génératrice qui alimente la ligne, car si les rotations ont la même période, elles sont de phase arbitraire. Il y a tout au plus un *isochronisme*, et encore n'a-t-il qu'un caractère accidentel, car il n'y a aucun accrochage, au moins dans les conditions usuelles de construction des moteurs asynchrones. Pour $OG > OB_1$, on obtiendrait au besoin des vitesses qui croîtraient avec la charge.

Toute diminution de glissement sera en général de peu d'intérêt pratique ; mais il n'en est pas de même de son augmentation. Il y a un intérêt évident à accroître le glissement sur tous les moteurs pourvus de volants régulateurs de l'appel d'énergie à la ligne. La chute naturelle des moteurs asynchrones est trop faible. On y

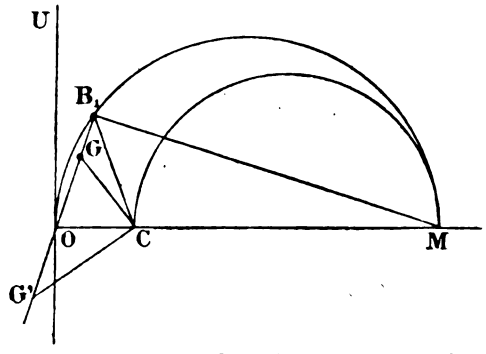


Fig. 4. — Diagramme simplifié du moteur asynchrone, les transformateurs de compoundage étant en circuit.

remédie le plus souvent par l'insertion de résistances, procédé infiniment peu économique.

Le compoundage inversé donne une solution bien préférable. Inversant le signe de la composante OG, le point G vient quelque part en G', et le glissement est maintenant mesuré par $\frac{B_1G'}{B_1M}$. On peut aller assez loin dans cette voie sans compromettre la commutation, ce qui ouvre un champ d'application intéressant à ce genre de moteurs.

Diagramme général. — Il est maintenant facile de passer au diagramme général où les valeurs des deux forces électromotrices sont quelconques.

Soit CF la force électromotrice due au transformateur Tr. Le transformateur Tc y ajoute la composante F'F dont la grandeur est déterminée par le taux de compoundage k. Ce taux est le rapport de transformation du Tc, ramené à des courants égaux ; c'est le rapport OG/OB_1 de la figure 4. Connaissant cette valeur de k, on obtient le point F' en prenant $FF' = k.OF$. Ce point est l'origine des vecteurs F'G de force électromotrice due à l'action de I_1 dans le transformateur de compoundage Tc. L'intersection de cette ligne avec BF pro-

Digitized by Google

longée détermine le point G, d'où le glissement correspondant à la valeur de k qui a été choisie.

Le lieu des points B reste la circonférence de diamètre FM ; le point à vide est F et non F', car l'émission sur la ligne du courant décalé en avance donne, par Tc, la composante FF' qui ramène en coïncidence en F les points G et B.

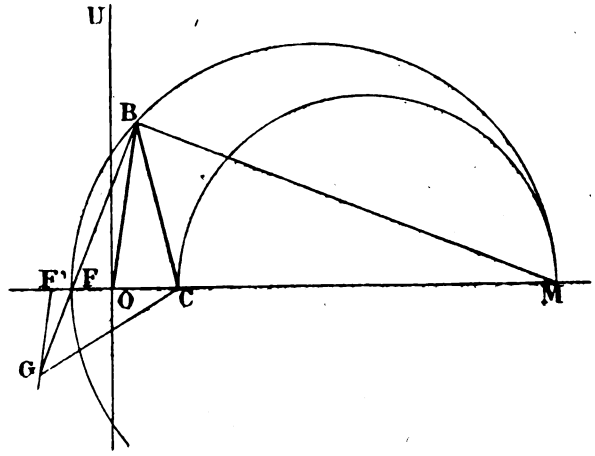


Fig. 5. — Diagramme général dans le cas du compoundage inversé.

La figure 5 donne le diagramme général pour le cas du compoundage inversé.

Augmentation d'entrefer des moteurs. — En calculant les dimensions d'une excitatrice de ce genre, on est conduit à la remarque suivante : sous le rapport de la construction, ces machines à excitation interne se différencient des excitatrices ordinaires par les proportions relatives des parties fixe et tournante. Le rotor doit être de plus grand diamètre, tandis que le stator, bien moins épais qu'un inducteur, compense l'augmentation du rotor. Cette dernière est nécessitée par la présence dans le fil du courant réactif d'excitation, qui se superpose au courant actif sortant par le collecteur. Or, sur les machines de faible puissance réelle, telles que celle que demande l'excitation d'un moteur asynchrone à faible entrefer, il se trouve que le courant réactif est grandement prépondérant, et que presque seul il détermine la dimension du fil. Celle-ci est donc peu influencée par une forte variation du courant actif. Ainsi, supposant que l'on ait trouvé nécessaires 100 A de réactif et 30 d'actif, dont la somme géométrique est 104,4, cette somme sera seulement 117 si l'on double le courant actif en le portant à 60 A. Doubler la puissance réelle dépensée à l'excitation du moteur, c'est permettre le doublement de son entrefer, en augmentant, bien entendu, dans la même proportion la section de son fil de rotor.

Cette augmentation possible de l'entrefer est un grand avantage pratique. Il n'y a aucune difficulté à en porter la valeur à celle qui donnera à la machine toute la sécurité de marche désirable, en l'affranchissant de tout risque dû à une usure des coussinets. Les inconvénients de l'exiguïté de l'entrefer sont trop connus pour qu'il soit nécessaire d'insister sur les avantages de la solution préconisée.

Réduction des dimensions du collecteur. — Le courant d'excitation du moteur est toujours élevé en valeur absolue et sa tension de marche normale très basse. On sait que cela est imposé par les conditions du démarrage sur rhéostat, afin d'éviter, aux premiers moments, des tensions excessives sur les isolants du rotor. Ce grand courant entraînerait pour l'excitatrice la nécessité d'un grand collecteur, avec ses inconvénients pratiques, alors qu'une telle dimension n'est pas imposée par les conditions normales du fonctionnement. On peut donc se proposer de trouver quelque procédé de démarrage qui évite la création de ces grandes forces électromotrices dans les circuits du rotor. Or ceci semble assez facile dans le cas particulier de la machine avec excitatrice démarrant à vide.

On remarquera, en effet, que l'excitatrice possède tous les organes d'un moteur à courants alternatifs ; on a même un choix parmi les types de moteurs possibles. Elle peut donc en remplir temporairement la fonction, et être appliquée au moins à la première période de démarrage du moteur auquel elle est attelée. La manœuvre serait alors la suivante :

Un combinateur établirait les liaisons convenables entre la ligne et les divers circuits de l'excitatrice, qualifiée de « moteur de démarrage ». Les circuits de stator du moteur principal restent ouverts, et ceux de son rotor sont mis en court-circuit. Le moteur atteint ainsi une vitesse assez voisine de sa valeur normale ; à ce moment, on ferme les circuits de son stator, et il atteint vite la vitesse de régime asynchrone ordinaire, c'est-à-dire le glissement de 0,02 à 0,03 environ.

Cela fait, un dernier mouvement du combinateur rétablira les liaisons normales de l'excitatrice et rouvrira les circuits de rotor du moteur pour leur permettre de recevoir la force électromotrice injectée.

Le démarrage étant ainsi obtenu sans qu'à aucun moment les circuits de rotor aient été soumis à une tension élevée, il n'y a plus de raison de limiter à une valeur extrêmement basse la tension de régime. On peut donc calculer le bobinage de manière à réduire à une limite raisonnable la dimension du collecteur d'excitatrice.

Alternateur générateur. — Rien absolument ne s'oppose à ce que le groupe, constitué comme il vient d'être décrit, soit employé comme un alternateur générateur quelconque. Le magnétisme rémanent du rotor principal amorcera des courants qui réagiront sur l'excitatrice et y produiront un champ fixe dans l'espace. La force électromotrice engendrée aura, à chaque instant, la fréquence de la rotation, et le groupe se comportera comme un alternateur synchrone quelconque. Sa seule particularité est d'avoir un inducteur sans pôles saillants.

Si une fréquence déterminée est imposée au réseau

Digitized by Google

par un autre dispositif, tel qu'un autre alternateur à pôles saillants, le groupe devient simplement générateur asynchrone. Si au contraire il est couplé avec un autre, identique à lui-même, la fréquence commune sera celle qui correspondra à la vitesse angulaire moyenne des deux machines, mais aucun synchronisme ne sera nécessaire.

Le compoundage, dans l'emploi du groupe comme générateur agit comme dans le cas général d'un alternateur quelconque, mais reste évidemment sans action immédiate sur la vitesse.

Mode d'action de l'excitatrice. — Dans tout ce qui précède l'excitatrice est décrite comme génératrice, c'est-à-dire machine empruntant à son arbre moteur la puissance électrique débitée. Ceci est exactement réalisé si les circuits de compensation du stator S équilibrent, exactement aussi, la partie de la force magnétomotrice du rotor qui est due au courant émis. Mais il peut en être autrement et il est possible, notamment, de supprimer complètement ces circuits de compensation sur stator. Le fonctionnement de la machine reste alors pratiquement le même dans ses effets, seulement cette suppression de la compensation extérieure provoque une compensation intérieure, car la machine emprunte alors au transformateur Tr la puissance réelle qu'elle débite. Elle joue le rôle d'une commutatrice transformateur de fréquence et de phase pour le courant qui la traverse, tout en restant machine à excitation interne ; mais rien n'est changé dans les propriétés générales du groupe.

Ce mode de construction réduit la machine à des conditions de grande simplicité, le stator n'étant plus qu'un simple anneau de tôles. Elle est logique dans le cas d'un moteur, et elle est particulièrement recommandable lorsqu'on désire construire l'excitatrice avec un nombre de pôles différent de celui du moteur.

Le groupe de machines qui vient d'être décrit présente un ensemble de propriétés intéressantes ; elles constituent des moteurs et des générateurs asynchrones dont la souplesse et la facilité d'emploi sont tout à fait comparables à celles du matériel à courant continu. A ce titre, elles méritent de retenir l'attention des constructeurs et pourront trouver quelques applications.

R.-V. Picou.

Repérage de corps étrangers par la radioscopie

Nous avons déjà signalé à nos lecteurs plusieurs procédés permettant de localiser les projectiles dans le corps des blessés. Nous en publions aujourd'hui un nouveau qui est d'autant plus intéressant qu'il ne demande aucun calcul, aucun tracé sur l'écran, aucun déplacement du blessé et qui donne par simple lecture la distance à laquelle se trouve le projectile.

La méthode suivante, inspirée par celle de Strohl, nous semble présenter quelques avantages aux points de vue de la facilité de son application, de sa rapidité et de sa précision.

L'écran porte deux fils f_1 et f_2 tendus parallèlement à

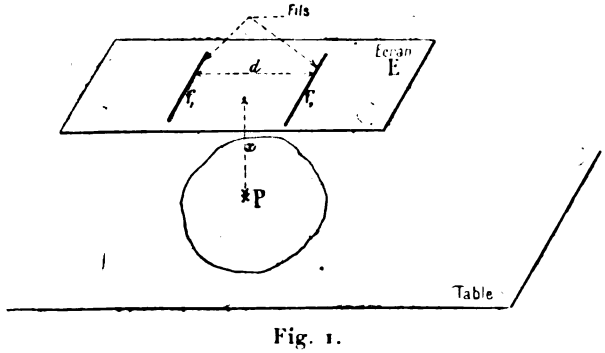


Fig. 1.

une distance *d* centimètres l'un de l'autre et placés entre l'écran fluorescent et la glace au plomb (fig. 1).

Un disque mince en aluminium D, placé horizontalement, est solidaire de l'ampoule et est maintenu à une distance *a* de l'anticathode (fig. 2). (Ce disque repose, par

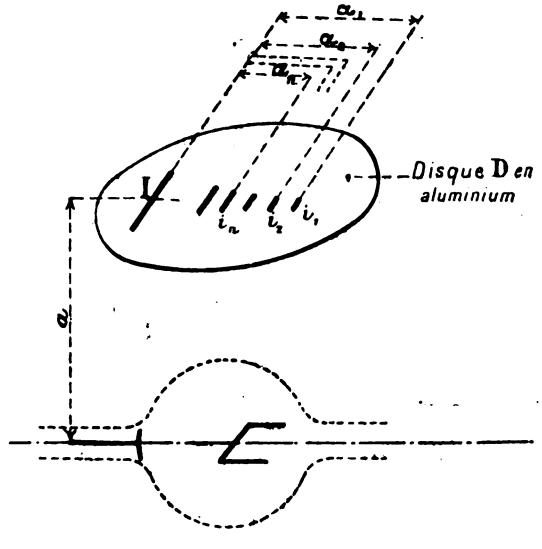


Fig. 2.

exemple sur la cupule.) Il porte : 1° un index I; 2° une

Digitized by Google

série d'index i_1, i_2, i_3, ...i_n, constitués par des fils de plomb tendus parallèlement à I à des distances α_1, α_2, α_3, ... α_n de cet index telles que

$$I\,i_1 = \alpha_1 = \frac{a.d}{1}; \quad I\,i_2 = \alpha_2 = \frac{a.d}{2};$$

$$I\,i_3 = \alpha_3 = \frac{a.d}{3} \ldots I\,i_n = \alpha_n = \frac{a.d}{n}.$$

Le disque D est orienté de façon que les index soient parallèles aux fils f_1 et f_2.

Le blessé est couché sur la table; on place sur lui

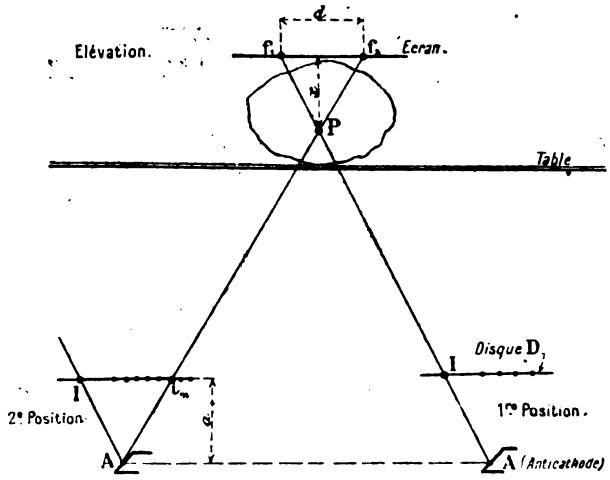


Fig. 3.

l'écran E. Le projectile P est à une distance x à déterminer de cet écran (fig. 3).

La manœuvre est alors la suivante : 1° déplacer l'ampoule de manière à amener l'image de l'index I sur celle du corps étranger (le disque suit ce déplacement); 2° déplacer l'écran de manière à amener le fil f_1 sur l'image confondue du projectile et de I; 3° déplacer horizontalement l'ampoule de manière à amener l'image de P sur le fil f_2.

Alors le projectile se projette sur l'ombre du même index.

La distance cherchée est

$$x = m \text{ cm.}$$

En effet on a par construction

$$I\,i_m = \alpha_m = \frac{a.d}{m}. \qquad (1)$$

D'autre part, les triangles semblables AIi_m et Pf_1f_2 donnent

$$\frac{x}{d} = \frac{a}{I\,i_m}; \qquad (2)$$

d'où $x = m$.

On a donc par simple lecture, de la même façon que l'on mesure une longueur avec un mètre, la distance x cherchée.

Avantages de cette méthode. — 1° Son application est extrêmement commode. Elle n'exige que le disque D et les deux fils f_1 et f_2.

2° Elle ne demande aucun calcul.

3° La radiographe n'a aucun tracé à faire sur l'écran (ce qui lui est d'ailleurs peu facile étant donnés le peu de souplesse des gants anti X et l'obscurité de la salle). Il n'a aucune mesure à prendre. L'ampoule est à une distance quelconque de la table.

4° Elle ne demande pas la mobilisation du blessé.

5° Elle est très rapide.

6° Elle permet une grande précision, car elle exclut plusieurs causes d'erreur telles que : tracés sur l'écran (toujours peu précis); mesure de distances (écartement de traits sur l'écran, distance de l'anticathode à l'écran). Elle supprime l'erreur de parallaxe qui peut être notable, étant donnée l'épaisseur de la glace au plomb.

Nous avons réalisé ce mode de repérage avec le Dr Barbier à l'Équipage radiologique 31 et obtenu des résultats tout à fait concluants.

Repérage anatomique. — Il est des cas où un repérage anatomique est plus intéressant que la distance du projectile à la peau.

La méthode précédente permet d'obtenir ce résultat très rapidement.

Le disque D porte en son centre un index o qui donne le rayon normal.

1° On fait passer le rayon normal par le corps étranger P et on marque sa trace sur l'écran;

2° On fait passer le rayon normal par le point de repère anatomique R (un os par exemple), on marque sa trace sur l'écran.

La distance de ces deux traces donne la projection horizontale de PR.

La différence des cotes par rapport à l'écran, obtenue par la méthode signalée plus haut, du projectile et du point de repère anatomique, donne la projection verticale de PR.

La distance du projectile au point de repère est donc l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont on connaît les deux côtés de l'angle droit.

A. Bordrionnet,
Ingénieur A. et M. et I. E. G.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

L'histoire technique des fréquences (1).

Pourquoi et comment telle fréquence est-elle entrée dans la pratique industrielle? Pourquoi et comment a-t-elle été abandonnée? L'exposé d'un pareil sujet sera, plutôt que l'histoire des fréquences elles-mêmes, l'histoire des divers emplois auxquels le courant alternatif a été appliqué. Autrement dit, les changements importants survenus dans les applications du courant alternatif ont conduit à des changements radicaux dans les fréquences. Une revision générale de tous ces changements et de leurs conséquences est faite, mais seulement en ce qui concerne l'histoire industrielle des États-Unis, par M. B.-G. Lamme, dans un mémoire récemment publié, dont nous analyserons ici les parties principales.

Les applications qui ont influencé d'une manière prépondérante la fréquence de distribution sont celles-ci : éclairage par incandescence, transformateurs, lignes de transmission, éclairage par arc, moteurs asynchrones, commutatrices, conditions de construction dans les machines tournantes, et conditions d'exploitation. Certaines d'entre elles ont eu, à un moment donné, une très grosse influence sur la fixation de la fréquence, mais dans la plupart des cas, les raisons primitives de cette influence ont disparu par la suite, grâce aux améliorations réalisées.

Voici les fréquences normales qui ont été, à diverses époques, en usage aux États-Unis : 133 1/3, 125, 83 1/3, 66 2/3, 60, 50, 40, 30 et 25 p:sec. L'ordre ci-dessus n'est pas leur ordre chronologique d'apparition.

133 ET 125 P:SEC. — Au début de la distribution par courant alternatif, le service se bornait à l'alimentation de l'éclairage par incandescence et le matériel électrique comprenait de petits alternateurs monophasés à grande vitesse commandés par courroie et des transformateurs d'immeubles. On croyait qu'une fréquence relativement élevée conviendrait mieux au fonctionnement des transformateurs, qui étaient alors petits et fort grossièrement établis. Le choix du chiffre singulier de 133 1/3 p:sec est dû au fait qu'à cette époque (1886 à 1893) les fréquences étaient ordinairement désignées par le nombre d'alternances à la minute et qu'un des premiers types d'alternateurs industriels construits par la Compagnie Westinghouse avait une vitesse de 2 000 t:min et 8 pôles, ce qui donnait 16 000 alternances par minute, ou 133 1/3 p:sec. La Compagnie Thomson-Houston avait adopté à la même époque une fréquence normale de 15 000 alternances par minute, ou 125 p:sec.

Il n'y avait alors ni transmission à longue distance, ni éclairage par arc alternatif, ni moteurs asynchrones, ni commutatrices.

60 P:SEC. — C'est en 1889 ou 1890 qu'on commença à reconnaître aux États-Unis l'avantage d'une fréquence plus basse que 125 ou 133 1/3 p:sec. On envisageait alors la construction des alternateurs avec accouplement direct qui n'auraient guère pu s'accommoder de cette fréquence puisqu'un alternateur actionné, par exemple, par une machine faisant 80 t:min aurait dû avoir 200 pôles. Les constructeurs adoptèrent donc, en général, pour les alternateurs directement accouplés, la fréquence de 60 p:sec, qui fut un compromis entre la fréquence plus élevée qu'on croyait encore préférable pour les transformateurs, et la fréquence plus basse qui aurait été plus commode pour les alternateurs. Vers 1893, la fréquence de 60 p:sec partageait le domaine industriel avec la fréquence de 133 1/3 p:sec. Ces deux systèmes de distribution étaient d'ailleurs monophasés.

Vers 1893, les études et essais qui venaient d'être faits les années précédentes sur le moteur asynchrone polyphasé engagèrent les électriciens à installer des réseaux de distribution polyphasés sur lesquels on pourrait utiliser cette machine, et qu'on emploierait d'abord pour l'éclairage. C'est dans ce but que furent construits les alternateurs polyphasés de 200 kw qui éclairaient la World's Fair de Chicago en 1893. Le type monophasé y persistait encore, car chaque alternateur était formé de deux carcasses semblables placées côte à côte, mais avec leurs induits monophasés décalés l'un par rapport à l'autre d'un demi-pas polaire. Ces alternateurs étaient à 60 p:sec, ils furent construits en 1892. Ils indiquent la tendance de cette époque vers une fréquence plus basse et la production de courants polyphasés, quoiqu'il n'y eût pas encore de moteurs polyphasés industriels.

25 P:SEC. — C'est en 1892, lors de la première électrification du Niagara, qu'on voulut réaliser une fréquence beaucoup plus basse que 60 p:sec. La fréquence de 16 2/3 fut d'abord proposée, mais la Compagnie Westinghouse, qui étudiait alors la construction des commutatrices, proposa la fréquence 33 1/3. Des essais faits avec des lampes à incandescence montrèrent qu'il y avait un fort papillotement de la lumière à 16 2/3 p:sec; on remarqua, d'autre part, qu'à cette fréquence le nombre des combinaisons de vitesse serait fort limité pour les moteurs asynchrones, si ceux-ci devaient entrer dans la pratique. En faveur de la fréquence 16 2/3, on observait qu'elle favoriserait la construction et le fonctionnement des moteurs à collecteur. Finalement on se rallia à un compromis, la fréquence 25, qui fut adoptée pour les alternateurs du Niagara. Elle devint bientôt la basse fréquence typique, particulièrement dans les installations où les commutatrices doivent tenir une place importante.

Les quelques autres fréquences qui furent adoptées, 66 2/3, 50, 40, 30 p:sec ne virent pas leur emploi se développer. On se restreignit bientôt aux deux seules fréquences de 60 et de 25 p:sec. Il fut reconnu que la fréquence 25 ne convenait pas à l'éclairage par arcs et qu'elle était médiocre pour l'éclairage à incandescence. Sous d'autres rapports, elle était considérée comme très avantageuse, s'adaptant bien à la construction des alternateurs directement accouplés, convenant aux moteurs asynchrones, aux commutatrices et à la transmission à grande distance, ainsi qu'un couplage en parallèle des alternateurs, puisque le déphasage des ondes pour une variation donnée entre les vitesses des machines est moindre avec une basse fréquence.

Quant à la fréquence 60, on considérait qu'elle convenait très bien à l'éclairage sans transformation de courant d'al-

(1) B.-G. LAMME. *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, janvier 1918, t. XXXVII, p. 1-21.

Digitized by Google

ternatif en continu, et s'adaptait passablement aux moteurs asynchrones en général, mais non pour les très faibles vitesses. Pour la transmission et pour le fonctionnement des commutatrices, on la trouvait radicalement défectueuse.

La fréquence 25 rencontrait en somme plus de faveur que la fréquence 60. Une des principales difficultés de celle-ci apparaissait dans la conversion en courant continu. On préconisait plutôt les groupes moteur-génératrice, car la commutatrice à 60 p : sec avait mauvaise réputation à cette époque. On découvrit cependant que les coups de feu au collecteur, ou flashs, étaient dus surtout à une valeur trop élevée de la tension maximum entre lames du collecteur. Cette difficulté, une fois reconnue, fut longue à surmonter, à cause des obstacles matériels qui se présentaient dans la construction des machines et qu'il fallut écarter. Il y avait deux façons de diminuer la tension maximum entre lames ; ou bien augmenter le nombre de lames par pôle, ou bien diminuer le rapport de la tension maximum à la tension moyenne par interlame, c'est-à-dire augmenter le rapport de la largeur du pôle au pas polaire, mais l'emploi de ces deux moyens trouvait sa limite dans le maximum de vitesse périphérique qu'on pouvait admettre pour le collecteur et l'induit. Ceci s'explique facilement par un calcul élémentaire. La vitesse périphérique du collecteur est directement proportionnelle à la distance qui sépare deux lignes neutres adjacentes sur le collecteur, et à la fréquence. Donc, pour une fréquence donnée, la distance entre lignes neutres adjacentes est directement proportionnelle à la vitesse périphérique. Ainsi pour une vitesse du collecteur de 23 m : sec environ (4 500 pieds par minute), qui était alors considérée comme limite supérieure, la distance entre lignes neutres adjacentes n'est que de 19 cm (7,5 pouces). Cette distance est ainsi fixée mathématiquement et est indépendante du nombre de pôles, de la vitesse angulaire, de tout enfin, sauf de la vitesse périphérique et de la fréquence. Avec cette distance de 19 cm, on ne pouvait guère avoir que 36 lames de collecteur par pôle, ce qui donnait une moyenne de 16,6 v par interlame dans une machine à 600 v, et près de 20 v par interlame au cas d'accroissement momentané de la tension à 700 v, ce qui n'est pas rare dans le service de la traction.

Cependant, ce n'est pas cette tension moyenne qui détermine les cas de coup de feu au collecteur, c'est la tension maximum entre lames, et celle-ci dépend de la tension moyenne et du rapport entre la largeur du pôle (arc polaire) et le pas polaire. C'est là que se présentait une difficulté sérieuse. Le pas polaire, comme on l'a dit, dépend directement de la vitesse périphérique de l'induit et de la fréquence. Donc, dans une machine à 60 p : sec, si la vitesse périphérique est fixée, le pas polaire est par là même fixé. Par exemple, avec une vitesse périphérique d'induit de 36 m : sec environ (7 200 pieds par minute) qui était alors considérée comme élevée, le pas polaire devient 30,5 cm (12 pouces) quelles que soient les autres conditions, et la difficulté était celle-ci : si l'on ménageait une zone neutre suffisamment large pour la commutation, l'espace interpolaire devenait si large qu'il n'y avait pas assez de place pour un arc polaire suffisamment développé. Par exemple, si on donnait à l'arc interpolaire une longueur de 15,24 cm (6 pouces) de façon à avoir une zone de commutation assez large pour prévenir les étincelles et les coups de feu, dus aux franges du champ inducteur, il ne restait qu'un arc de 15,24 cm (6 pouces) pour le pôle. Avec ce pôle relativement étroit, le rapport de la tension maximum à la tension moyenne était si élevé qu'avec ses 36 lames de collecteur par pôle la machine était sujette aux arcs entre lames, qui déterminaient des arcs entre balais ou flashs. On pouvait tourner cette difficulté en agrandissant l'arc polaire, mais avec le pas polaire fixé à 30,5 cm, la zone neutre devenait si étroite que la machine était sujette aux étincelles et arcs sous balais. Donc de chaque côté on rencontrait un obstacle. Il y avait évidemment deux moyens d'amélioration ; accroître le nombre des lames de collecteur, ce qui diminuait la tension moyenne entre lames, et augmenter la longueur du pas polaire, ce qui permettait de faire des pôles plus larges pour un espace interpolaire donné. Cela paraît simple et facile, mais il fallut cependant plusieurs années d'expérience pour y arriver. Lorsqu'on a atteint des limites matérielles apparentes dans une construction donnée, et surtout si ces limites sont basées sur une longue expérience, ce n'est qu'avec une grande lenteur qu'on se résout à adopter des limites plus éloignées. Par exemple, dans le cas des commutatrices à 60 p : sec, on ne pouvait pas, d'un seul coup, accroître les vitesses périphériques de 20 ou 25 pour 100 et admettre sans plus de façon que tout irait bien. Il fallait d'abord construire des machines et les essayer pendant un an environ. Les troubles dus à la vitesse périphérique ne deviennent pas toujours immédiatement apparents, c'est pourquoi des essais de longue durée sont nécessaires. Donc, si en réalité les vitesses périphériques des commutatrices à 60 p : sec furent augmentées de 20 ou 25 pour 100 d'un seul bond, il n'en fallut pas moins deux ou trois années d'expériences et d'essais d'endurance pour décider les constructeurs à admettre ces vitesses nouvelles dans la pratique industrielle courante.

Que donnait cet accroissement de 25 pour 100 de la vitesse périphérique ? Pour le collecteur, le nombre des lames pouvait être accru de 25 pour 100, c'est-à-dire passer de 36 à 45 par pôle, ce qui est comparable aux conditions ordinaires de construction des génératrices à courant continu. D'autre part, un accroissement de 25 pour 100 de la vitesse périphérique du noyau induit donnait un pas polaire de 38,1 cm au lieu de 30,5 cm auparavant. Admettant, comme avant, un arc interpolaire de 15,25 cm, l'arc polaire prenait un développement de 22,8 cm au lieu de 15,25 cm auparavant, soit une amélioration de 50 pour 100. De fait, ce dernier progrès était si grand que certains constructeurs ne crurent pas nécessaire d'augmenter le nombre des lames. Dans les machines Westinghouse, on usa des deux moyens à la fois.

Ces améliorations rapprochèrent la commutatrice à 60 p : sec de celle à 25 p : sec comme caractères généraux. Elle restait cependant bien plus coûteuse, à cause du grand nombre de ses pôles, et son rendement était bien plus bas, à cause des fortes pertes magnétiques et par résistance de l'air.

Presque à l'époque du début de ces perfectionnements dans la construction de la commutatrice à 60 p : sec, un autre facteur intervint, qui eut une grande part dans le succès de cette machine, ce fut l'emploi du turbo-générateur. L'uniformité de sa vitesse de rotation supprima du coup une des difficultés de fonctionnement de la commutatrice à 60 p : sec. De plus, on reconnut bientôt que la fréquence 60 était très avantageuse pour les turbo-alternateurs, à cause des vitesses plus élevées qu'elle permettait. A 25 p : sec, la vitesse limite est de 1 500 t : min, puisque c'est celle qu'on obtient avec deux pôles seulement, tandis qu'à 60 p : sec on obtient 1 800 t : min avec quatre pôles et 3 600 t : min avec deux pôles. Les progrès de la construction permirent de réaliser bientôt cette dernière vitesse même pour des unités puissantes. Cela contribua à détourner la pratique industrielle du domaine de la fréquence 25.

Digitized by Google

D'autre part, l'emploi des moteurs asynchrones, quand on en eut perfectionné la construction, mit en relief d'autres avantages de la fréquence 60. Pour les moteurs de petite et moyenne puissance, on n'a qu'un choix restreint de vitesses à la fréquence 25 p : sec : 750 t : min pour un moteur à quatre pôles, 1500 t : min pour un moteur bipolaire. A la fréquence 60, le cas est tout différent : on a le choix entre 1800 t : min de vitesse synchrone (4 pôles) ; 1200 t : min (6 pôles), 900 t : min (8 pôles), 720 t : min (10 pôles). Il faut cependant tenir compte d'une exception : lorsqu'on a besoin de moteurs à vitesse très faible, comme 100 t : min, la fréquence 60 est fort désavantagée par rapport à la fréquence 25. C'est en partie pour cette raison que l'industrie des laminoirs a adopté la fréquence 25, il y a dix ou quinze ans, surtout dans les cas où les usines de laminoirs installaient des usines d'électricité pour leur propre usage. Mais, depuis lors, il y a eu une forte tendance, dans l'industrie des laminoirs, à acheter l'énergie à des stations centrales indépendantes, et beaucoup de celles ci, pour des raisons données, distribuent à 60 p : sec. On a donc cherché à améliorer le moteur asynchrone à 60 p : sec de faible vitesse. La difficulté de sa construction consiste en ceci que ses dimensions sont grandes et son prix élevé si on l'établit pour un facteur de puissance normal, tandis qu'il a un facteur de puissance très bas et un rendement médiocre si on lui donne des dimensions et un prix de revient comparables à ceux du moteur à 25 p : sec. Mais, dans certains cas, il est facile de modifier le facteur de puissance dans les moteurs eux-mêmes par l'emploi des machines auxiliaires dites avanceurs de phase du système Leblanc ou du système Kapp. Une difficulté d'application de ce système est due aux vitesses variables qu'exigent certains travaux de laminage. Lorsqu'on veut faire absorber de violentes variations de charge par les volants qu'actionnent les moteurs principaux, il est nécessaire de faire varier beaucoup la vitesse de ces moteurs. Ces variations de vitesse sont défavorables à l'emploi d'un avanceur de phase ; il y a donc là un désavantage pour le moteur à 60 p : sec.

Donc, même dans les laminoirs d'acier où le moteur asynchrone est soumis aux conditions les plus dures, il y a une forte tendance vers la fréquence 60, en raison de l'achat de l'énergie électrique à des usines de distribution.

Un autre facteur important a favorisé l'adoption de la fréquence 60, c'est la question de la transmission. Dans les premiers temps de la transmission du courant alternatif à distance, la fréquence 25 était considérée comme supérieure à la fréquence 60 à cause de la meilleure régulation de tension qu'elle permettait. Cependant les difficultés de ce genre furent surmontées peu à peu par les compagnies distribuant à 60 p : sec, en partie à l'aide de condensateurs synchrones. Il est remarquable que la possibilité d'employer des moteurs synchrones comme condensateurs pour parer aux perturbations de tension sur les lignes de transmission soit connue depuis 25 ans et qu'on ne s'en soit largement servi que depuis très peu d'années.

La tendance vers la fréquence 60 a encore été renforcée par l'emploi de pôles auxiliaires dans les commutatrices. Ces pôles auxiliaires, dans les commutatrices à 60 p : sec, ont eu pour principal effet, non d'améliorer la commutation, mais de permettre une grande diminution du nombre des pôles avec un accroissement correspondant de vitesse, ce qui a permis de réduire les dimensions et d'obtenir une amélioration du rendement.

La commutatrice à 60 p : sec a eu autrefois un sérieux concurrent dans le groupe moteur-génératrice à 60 p : sec, qui passait pour plus sûr et plus souple. L'avantage de sûreté a pratiquement disparu avec les divers perfectionnements apportés à la construction de la commutatrice à 60 p : sec, tandis qu'on a obtenu la souplesse nécessaire dans la régulation de la tension au moyen du survolteur synchrone. C'est le dernier grand progrès réalisé, et qui a placé la commutatrice à 60 p : sec au premier rang pour la conversion du courant alternatif en courant continu. Les plus puissantes commutatrices construites jusqu'ici (5 800 kw) sont du type à 60 p : sec.

Il y a un point que met en lumière cette « bataille des fréquences » qu'on vient de décrire : elle se déroula dans le champ de l'exploitation, entre les conditions de service des deux systèmes concurrents, et non entre les constructeurs. C'est un bon exemple de la manière dont de tels problèmes doivent se traiter. Les ingénieurs constructeurs firent tous leurs efforts pour tirer tous les avantages possibles des deux fréquences, ce qui engendra des progrès rapides. Et ce n'est pas une préférence innée des constructeurs qui a amené la fréquence supérieure au premier rang, c'est le fait reconnu par eux qu'elle était plus avantageuse pour le service général, si l'on pouvait suffisamment renforcer ses points faibles ; ils ont donc tourné tous leurs efforts vers ce but.

Certaines applications de l'électricité sont influencées par la fréquence, mais n'ont pas eu de part prépondérante dans la fixation d'une fréquence déterminée. De ce nombre sont les alternomoteurs à collecteur. Les premières machines de ce type furent naturellement les moteurs de traction monophasés à 25 p : sec. Ils ont été alimentés en général par leurs propres usines électrogènes, ou par d'autres usines avec intermédiaire de convertisseurs de fréquence. L'installation Visalia en Californie, à 15 p : sec, forme une exception dans ce domaine de la traction. Les techniciens spécialistes sont d'avis qu'une basse fréquence, telle que celle-là, présenterait de grands avantages dans l'emploi des moteurs de traction monophasés pour un service très dur, comme celui des voies montagneuses de l'Ouest. Le problème est ici de placer le moteur le plus puissant possible sur une locomotive donnée, et le principal avantage d'une basse fréquence serait d'accroître notablement la puissance du moteur qu'on peut loger dans un espace donné.

En dehors de la traction, les machines à courant alternatif et à collecteur sont aussi employées depuis peu dans les grandes aciéries. Ce sont généralement des moteurs triphasés à collecteur, qu'on a employés surtout pour le réglage de la vitesse des grands moteurs asynchrones. Ces machines étant ordinairement montées dans les circuits secondaires des moteurs asynchrones, la fréquence qui leur est fournie est celle du glissement. Donc, là où cette fréquence de glissement ne s'élève jamais jusqu'à une fraction importante de celle du réseau primaire, ces moteurs à collecteurs s'appliquent sans difficulté, soit pour la fréquence 25, qui leur convient peut-être davantage, soit pour la fréquence 60.

Il y a un autre genre de service, d'origine récente, où le choix de la fréquence a beaucoup d'importance, mais où il n'y a pas d'intérêt à adopter une fréquence-type déterminée c'est la propulsion des grands navires par moteurs électriques. Comme l'installation de chaque navire forme un tout indépendant, qui ne peut pas se relier à une autre distribution, il n'y a pas besoin de s'en tenir à une fréquence ou à une tension déterminées. On a donc trouvé préférable, jusqu'à présent, d'établir chaque matériel propulseur pour la fréquence qui convient le mieux aux vitesses de l'alternateur et du moteur.

Digitized by Google

Conclusion. — On voit qu'en somme le choix de la fréquence a été le sujet d'études très sérieuses, basées sur les conditions d'exploitation de l'époque. On est surpris de voir le petit nombre des fréquences qui ont été réellement étudiées en Amérique. Des cas très nombreux se sont présentés où la solution évidente d'un problème donné consistait à modifier la fréquence pour permettre l'emploi d'un matériel déjà établi, mais les constructeurs se sont soigneusement gardés de recourir à ce procédé. Le mouvement qui s'est fait d'abord de la fréquence 60 à la fréquence 25 et s'est refait ensuite en sens inverse a duré un grand nombre d'années et ne peut par suite être considéré comme un engouement ; il est le résultat de tendances bien définies, appuyées par la meilleure expérience technique. En règle générale, aucun constructeur n'a fait de faveur irraisonnée à une fréquence quelconque, mais tous ont cherché à tirer le meilleur parti de chaque système.

P. L.

Sur les propriétés magnétiques du manganèse et de quelques aciers spéciaux au manganèse.

A la séance du 4 mars de l'Académie des Sciences de Paris (1) la note suivante a été communiquée par sir Robert Hadfield et MM. C. Chéneveau et Ch. Géneau.

Nous avons pu déterminer avec la balance magnétique de P. Curie et de C. Chéneveau le coefficient d'aimantation du manganèse et de quelques-uns de ses alliages spéciaux qui sont paramagnétiques.

I. — En ce qui concerne le manganèse, nous l'avons étudié sous deux états : pulvérulent et fondu dans l'hydrogène. Les échantillons nous ont été aimablement remis par M. P. Weiss qui les avait préparés et examinés (2).

Nous croyons pouvoir conclure que, quel que soit son état, lorsqu'il ne contient plus de gaz occlus, le manganèse est paramagnétique ; son coefficient d'aimantation est à 18°C, $\chi = 11,0.10^{-6}$ à 2 pour 100 près. Cette valeur, un peu supérieure à celle donnée par H. du Bois et Honda (8,9), correspond dans la théorie de M. Weiss à un nombre entier de magnétons, égal à 6, à — 1,6 pour 100 près.

Quant aux propriétés ferromagnétiques que peut posséder le manganèse fondu, nous les attribuons à la présence d'hydrogène dans le métal, ce qui est en accord avec ce fait que le manganèse chauffé au rouge peut plus se réaimanter, et avec les propriétés analogues bien connues du manganèse et du fer électrolytiques.

Il y a peut-être lieu, à ce point de vue, de ne pas négliger l'influence de certains gaz occlus dans les métaux ou alliages fondus sur leurs propriétés magnétiques.

II. — L'étude des *alliages spéciaux du manganèse* nous a montré que leurs coefficients d'aimantation, qui ont varié entre $+ 17.10^{-6}$ et 259.10^{-6}, sont indépendants du champ magnétique dont la valeur inférieure était de l'ordre de 320 gauss et dont les valeurs limites étaient dans le rapport de 1 à 5 ; ces alliages *sont donc paramagnétiques*.

Aciers au manganèse. — Le coefficient d'aimantation, peu influencé par la proportion de manganèse dans les aciers, est d'autant plus grand que leur teneur en carbone est plus élevée. A teneur égale en carbone, pour un accroissement du titre du manganèse de 10 à 19 pour 100, la variation relative maximum du coefficient d'aimantation est de 19 pour 100 tandis qu'elle est de 78 pour 100 lorsque, à teneur égale en manganèse, la proportion de carbone passe de 0,1 à 1 pour 100.

D'une façon plus générale, on peut dire que, pour ces aciers spéciaux, le coefficient d'aimantation est d'autant plus petit que le rapport du carbone au manganèse est plus grand.

Aciers manganèse-métal. — Lorsque l'on compare des aciers renfermant sensiblement la même proportion de carbone et de manganèse et contenant d'autres métaux, on observe toujours une augmentation des propriétés magnétiques des aciers, due à la présence de ces métaux étrangers.

Aciers manganèse-nickel. — L'addition de nickel (de 2,57 à 19 pour 100) augmente le coefficient d'aimantation d'environ 65 pour 100 de sa valeur.

Aciers manganèse-tungstène. — Une augmentation de 0,74 pour 100 dans la teneur en tungstène fait croître le coefficient d'aimantation de 38 pour 100 environ.

Acier manganèse-chrome. — Le chrome paraît également relever un peu le magnétisme de l'acier au manganèse ; une addition de 3,5 pour 100 de chrome correspondrait à une augmentation approximative du coefficient d'aimantation de 10 pour 100.

Acier manganèse-nickel-cuivre. — La comparaison de deux aciers manganèse-nickel ayant même teneur en carbone, manganèse et nickel, mais dont l'un contient 2,25 pour 100 de cuivre, montre que, malgré le diamagnétisme du cuivre, le coefficient d'aimantation a augmenté d'environ 19 pour 100.

Tous les aciers précédents ont été trempés à l'eau à 1 050° C. Ce sont donc des aciers austénitiques où le fer γ est paramagnétique, et l'addition d'un corps tel que le manganèse, qui est aussi paramagnétique, ne peut pas changer beaucoup les propriétés magnétiques de ces aciers qui resteront paramagnétiques. Il semble d'ailleurs que, plus la température de refroidissement est basse, alors que la proportion de carbone au manganèse est grande, plus le coefficient d'aimantation est élevé.

Acier manganèse-silicium. — L'addition de 6 pour 100 de silicium à un acier au manganèse, où le rapport du carbone au métal est de 0,01 environ, rend l'acier *ferro-magnétique*, probablement à cause de la suppression presque complète du domaine du fer γ. On a également observé avec cet acier une variation des propriétés magnétiques avec le temps ; le magnétisme spécifique est passé, dans une période de sept ans, d'un ordre de grandeur de 4 à 5 pour 100 de celui du fer pur à une valeur voisine de 50 pour 100.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 4 mars 1918, t. CLXVI, p. 390-392.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1910, t. CL, p. 687.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Le matériel roulant aux États-Unis d'Amérique

Quelques notes recueillies au cours d'un voyage

L'auteur considère que les enseignements américains sont à appliquer, pour une large part, à la construction future de nos wagons et voitures de chemins de fer. Les raisons en sont, notamment : la nécessité d'épargner de la main-d'œuvre, dont la rareté et la cherté vont en augmentant, l'intérêt primordial qu'ont les chemins de fer à « faire » du trafic, en vue de la diminution des dépenses de transport, etc., etc. L'auteur insiste sur l'utilité qu'il y a, cependant, à retenir quelque peu de l'élégance architecturale et décorative de nos locomotives et voitures ; mais n'exagérait-on pas auparavant! D'un autre côté, quand il s'agit du châssis proprement dit des voitures à voyageurs et des wagons, il n'est vraiment pas raisonnable de sacrifier de l'argent pour obtenir de l'aspect et un fini constructif qu'on ne voit pas et qui n'ajoute rien aux qualités d'endurance et de solidité du véhicule. En résumé, l'avenir économique des chemins de fer européens semble résider dans leur « américanisation » bien comprise : wagons de grande capacité, attelage automatique le plus tôt possible, matériel roulant standardisé et dont la construction serait comprise de façon à diminuer, de plus en plus, l'importance de la main-d'œuvre, etc., etc.

Avant-propos.

Généralités. — Il est évident que le système de matériel roulant en usage aux États-Unis est né d'une foule de circonstances, fort différentes de celles d'Europe (Angleterre, France et Belgique). C'est pourquoi l'on ne peut pas, a priori, trouver que ceci vaut mieux que cela ; et, si l'on va très loin dans l'examen critique des choses, on peut se trouver désabusé à un moment donné.

Comparaison n'est assurément pas raison. Les différences existant entre les systèmes de matériel américain et européen méritent d'être discutées, évaluées et, finalement, circonvenues à tous les points de vue.

Il faut se rendre compte que les méthodes américaines diffèrent considérablement des nôtres et qu'elles résultent du milieu dans lequel les chemins de fer sont nés et sont utilisés.

L'état d'esprit de l'Américain, son éducation, sa conception technique et industrielle, les dimensions de son pays, sa mentalité elle-même, sont autant de facteurs qui ont influencé la création du matériel roulant, tout aussi bien que celle de ses chemins de fer.

En définitive, l'industriel américain vise la *production* pour faire tomber le prix de revient, en même temps qu'il vise la *réduction*, au maximum possible, de la main-d'œuvre très chère, d'ailleurs, dans ce pays. Ces deux facteurs primordiaux le portent vers la création du machinisme à *outrance* ainsi que vers la spécialisation pour faire *vite* et *à bon compte*. Les questions de dépense de charbon ou d'énergie électrique, comme aussi l'immobilisation de capitaux et, a fortiori, les questions d'esthétique constructif, de décoration et, jusqu'à un certain point, du confort, passent au second plan.

Vu les circonstances qui l'entourent et, en particulier, pour les questions d'économie dans la consommation du charbon, il a raison.

A ce sujet, il est bon de rappeler que M. Wallis, General Superintendent of Motive Power of the Pennsylvania Railroad lines East of Pittsburgh, disait que le charbon ne lui coûtait, au carreau de la mine que $: 1,15 (5,99 fr) et, chargé sur le tender, 15 cents en plus. Au total : 6,77 fr (le dollar est pris à la valeur de 5,21 fr) par tonne (1016 kg).

Ce charbon est, il est vrai, quelque peu bitumineux, laissant pas mal de cendres et exigeant des grilles spéciales à barreaux mobiles pour les décrassages fréquents, mais produisant, néanmoins, de la chaleur à bon compte.

D'ailleurs, il se fait que les Compagnies de chemins de fer possèdent parfois elles-mêmes des charbonnages ou y sont fortement intéressées, tel : le « Central Railroad of New Jersey », par exemple.

M. Wallis, qui avec un collègue, maintient par réparations, constructions nouvelles, etc., un stock de près de 8000 locomotives à vapeur, à mon insistance sur la question de l'économie du charbon, me disait : « Je n'aurais garde de faire des locomotives compound, parce que leur entretien nous coûterait beaucoup plus cher que le rapport de l'économie de charbon, vu le prix pratiqué, nous vaudrait ».

Ce n'est, d'ailleurs, que depuis quelques trois ou quatre ans que la surchauffe de la vapeur est vraiment utilisée au « Pennsylvania », à raison de l'augmentation très sérieuse de puissance spécifique qu'elle procure à la locomotive, d'où il résulte qu'on peut « tirer » plus.

La question qui domine tout en chemin de fer est de *faire du trafic*, tout comme pour l'industriel américain, son objectif est de « produire ».

Digitized by Google

Voitures. — Il faut remarquer aussi que l'Américain n'est peut-être pas aussi raffiné par tendance naturelle que l'est l'Européen, en matière de goût et d'esthétique. Il semble que dans les dispositions des voitures de tramways et de chemins de fer américains, on s acrifie beaucoup, *si pas tout*, à la facilité et le « cachet » ne dit rien à l'Américain. Une caisse rectangulaire, à parois toutes droites, bien spacieuses et bien éclairées, rencontre tous ses désirs (fig. 1). Le luxe de la décoration intérieure ne lui dit pas beaucoup et il se contente d'une légère peinture de fond sur laquelle est tiré un mince filet d'une autre couleur.

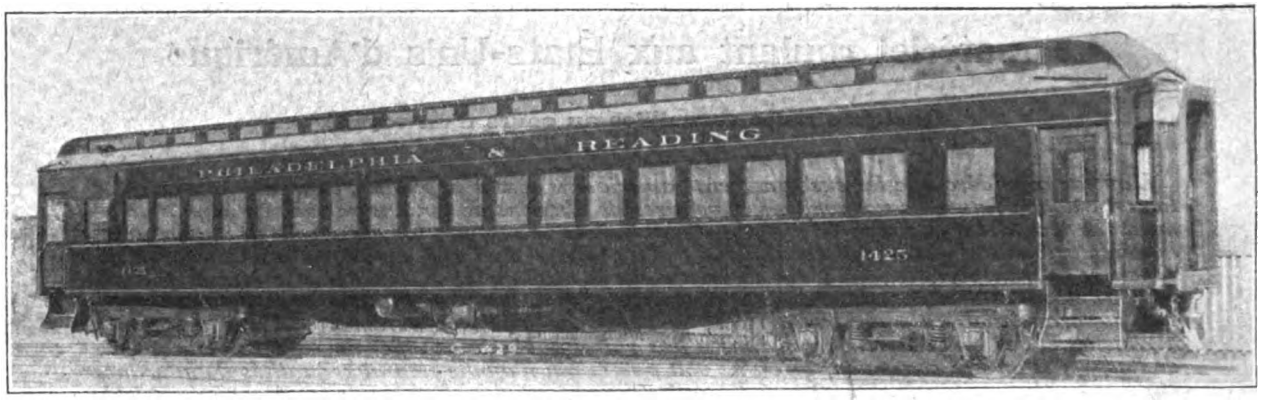


Fig. 1. — Voiture métallique du Philadelphia and Reading Railroad.

Pour s'asseoir, une banquette garnie de velours ou d'une étoffe unie, avec peu d'incrustations fait toute l'affaire, même dans les « Pullman Cars » à couchettes.

Parfois le fauteuil, modestement garni d'ailleurs, mais évidemment propre, dans les « parlor cars ».

Au contraire, les exigences européennes pour l'esthétique dans la construction, même des voitures, la garniture intérieure et la décoration ont acquis une certaine force de loi, semble-t-il, et il serait probablement difficile de faire plier les habitudes européennes aux usages américains.

La figure 1 montre une voiture ordinaire du chemin de fer « Philadelphia and Reading ». Elle est peinte dans un ton de couleur sombre, sans être relevée d'un filet décoratif quelconque.

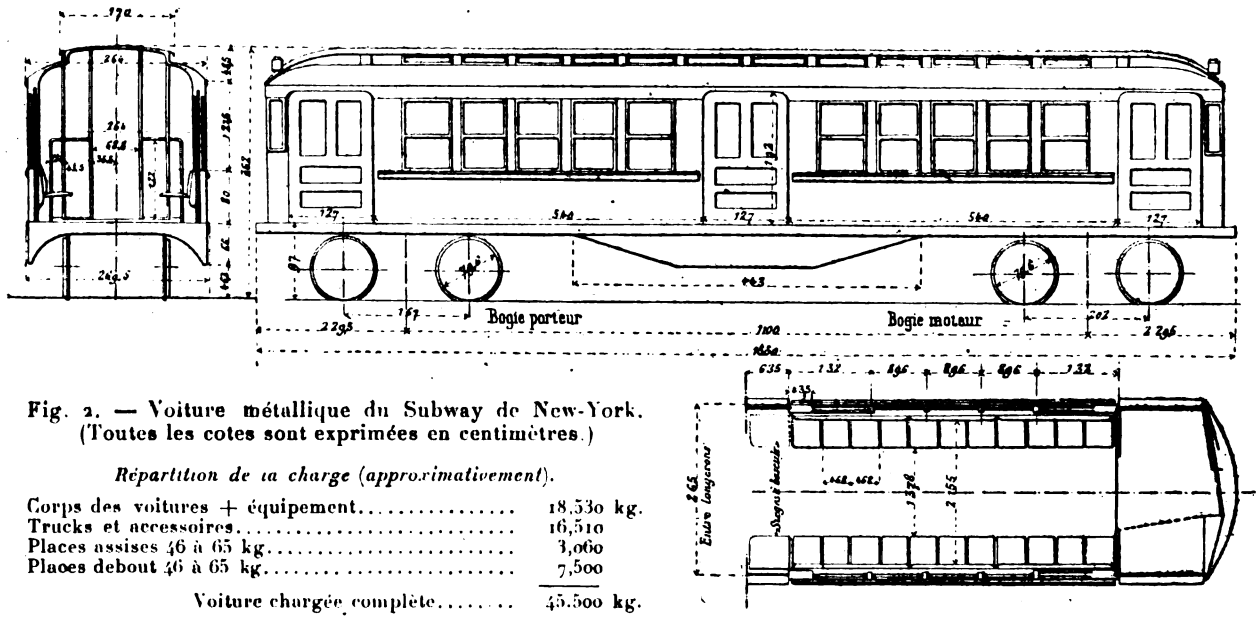


Fig. 2. — Voiture métallique du Subway de New-York. (Toutes les cotes sont exprimées en centimètres.)

Répartition de la charge (approximativement).

Corps des voitures + équipement	18,530 kg.
Trucks et accessoires	16,510
Places assises 46 à 65 kg	3,060
Places debout 46 à 65 kg	7,500
Voiture chargée complète	45.500 kg.

On peut discuter les deux points de vue; et admettre même que le système américain possède aussi des avantages. Néanmoins, l'impression sur l'œil de la forme extérieure d'une voiture a son importance quoi qu'il en soit; et il ne semble pas que ce soit un progrès en Europe de substituer, par exemple, à l'élégante voiture métallique du Métropolitain de Paris, la voiture métallique informe du Subway de New-York (fig. 2).

Même réflexion, si l'on compare la voiture interna-

Digitized by Google

tionale de première classe de la Compagnie du chemin de fer du Nord français dont les parois sont élégamment galbées à la caisse toute droite des Compagnies américaines.

Peut-être faudra-t-il, cependant, en faire le sacrifice, le jour où, par suite de la cherté de la main-d'œuvre, ces avantages d'ordre esthétique représenteraient une dépense d'argent assez forte.

Pour la peinture extérieure des voitures, les choses sont encore plus sommaires que pour l'intérieur : une peinture uniforme, relevée d'aucun ornement. Au contraire, en Angleterre, en France et en Belgique, on sacrifie beaucoup à l'aspect extérieur et au soin de la peinture. On y met même de l'ornementation; c'est que, pour les Européens, le luxe extérieur de la voiture constitue un attrait. L'Américain y paraît insensible.

A fortiori, on le conçoit, rien n'est sacrifié à la décoration des locomotives.

Les habitudes européennes exigent que les voitures soient divisées en compartiments. Il semble que la commodité soit beaucoup plus grande avec peu de compartiments et la circulation, à l'intérieur des voitures, *extrêmement* facile. Au surplus, il n'y a dans tout le pays que le *même type uniforme* de voiture à plates-formes, tant pour les express que pour les omnibus, avec infiniment peu de divisions intérieures : fumoirs, salons pour dames, lavatory, water-closet, compartiment de coiffeur, cuisine, etc.

L'Américain vise la facilité et y est *sensible*, mais est insensible à l'esthétique pour lequel les Européens sacrifient le plus souvent de la commodité. Ainsi, par exemple, la distribution intérieure des voitures, à compartiments *aussi* multipliés que possible et à couloir latéral est évidemment *très défectueuse*, considérée au point de vue *de la facilité*. On s'écrase toujours dans ces couloirs, c'est une gêne continuelle de circulation pour tout le monde, c'est l'engorgement constant, etc., au prix du confort, je le veux bien, d'être dans un compartiment, c'est-à-dire *d'être plus chez soi* que dans la pièce centrale d'une voiture américaine.

Mais à tout prendre, le système américain, dans lequel on ne s'écrase jamais, du chef de la disposition de la voiture, a beaucoup de bon et on se demande si, de ce côté, rien n'est à reprendre à la pratique américaine.

Dans bien des cas d'ailleurs, pour nos chemins de fer, *on y vient* : la Compagnie d'Orléans a mis, il y a quelques années, en service sur la ligne Paris-Bordeaux et l'Espagne des voitures à compartiments spacieux : fumoirs, salons de lecture, etc..., qui sont intercalées de plus en plus dans les trains rapides : Sud-Express, etc. D'autres Compagnies françaises entrent dans la même voie.

Les voitures de luxe de l'État belge, en usage depuis une quinzaine d'années, et celles des trains-blocs (ligne de Bruxelles à Anvers) étaient conçues, partiellement dans le sens américain.

Le « London and North Western Railway » constitue ses trains en correspondance avec les steamers américains avec des voitures divisées, pour la majeure partie, en salons.

Le « South Eastern and Chatham Railway » possède des voitures à couloir central pour quelques trains spéciaux dits « Corridor trains », qui sont construites en suivant d'assez près la conception américaine, sauf évidemment pour la décoration intérieure et extérieure.

En résumé, l'Américain n'exige que la commodité. En tout d'ailleurs, il pratique l'adage *du moindre effort pour le maximum de rendement*. Il laisse cependant trop de côté, semble-t-il, le côté poétique ou plus ou moins inspiré que les choses matérielles peuvent rendre en leur donnant des formes gracieuses, les décorant extérieurement et intérieurement, etc.

Vu *sous cet angle-là*, il ne me paraît pas être en progrès ; il est vrai que l'âme européenne est différente de celle d'Amérique.

La dépense faite du chef de l'aspect qu'en Europe on donne aux locomotives et matériel roulant des chemins de fer, ainsi qu'à leur décoration intérieure, est d'ailleurs faible, comparée à l'ensemble. Elle incite l'ouvrier au respect du matériel, ce qui est un bien; enfin, elle rend le voyage plus attrayant pour le voyageur, et de ce chef, est productive même.

On aurait donc tort de *tout* prendre aux idées américaines.

Il nous faut garder certains affinements raisonnables et retenir des méthodes américaines certains arrangements, pouvant fort bien s'adapter à nos mœurs et à nos habitudes. Il en est ainsi pour bien des points en ce qui concerne les voitures de voyageurs.

Nous avons dit ce que nous pensions du couloir latéral, tel qu'il existe actuellement; de même, on pourrait critiquer nos horribles systèmes de marche-pieds, nos caisses à multiples portières latérales, qui sont mal commodes au possible et exposent le voyageur à des dangers continuels, etc.

Voitures et wagons métalliques.

A la lumière des remarques faites ci-dessus, qui ont pour objectif de caractériser en quelque sorte l'âme américaine dans son industrie de chemin de fer, on pourra se rendre compte que la méthode employée pour la construction du matériel est inspirée par le désir essentiel d'épargner de la main-d'œuvre, beaucoup plus que par le désir d'économiser de la matière ou de l'énergie motrice.

Donc, la construction de la voiture, reportée sur des plans complets, tous jusqu'aux moindres sortis des bureaux de dessin, est réalisée de la manière la plus rapide et le montage des pièces détachées a lieu à l'intervention de nombreuses machines à air comprimé — peu de machines électriques sont en usage — pour faire le rivetage.

Les pièces détachées de la caisse sont façonnées méca-

Digitized by Google

niquement après la forge et l'aciérie, par un très grand nombre de machines spéciales, qui se ramènent à trois catégories, à savoir : la cisaille, la poinçonneuse et la presse hydraulique.

Il semble aussi que l'Américain, faisant en principe peu de cas de la consommation de l'énergie, ne se préoccupe pas autant qu'il le pourrait de la question du poids mort du matériel remorqué. Et, s'il est de plus en plus partisan — depuis bientôt quatre ans, on ne construit plus de wagons ou de voitures en bois — des voitures métalliques, c'est beaucoup plus, me paraît-il, parce qu'il y voit l'avantage considérable d'un entretien moindre : la « maintenance » disent-ils, qui coûte toujours très cher par la main-d'œuvre qu'elle entraîne, que la réduction éventuelle du poids mort.

L'impression qu'on a, en faisant certaines comparaisons, est que les constructions américaines ne sont pas si légères au regard des constructions européennes. J'en faisais la réflexion à la « All Steel Pressed Car Company de Pittsburg »; et cette Compagnie de me répondre : « Mais, nous pouvons construire plus léger, si le client le désire, mais alors cela dure moins longtemps ». Il s'agissait d'une discussion au sujet du pourcentage du poids mort d'un wagon à charbon, à quatre trémies inférieures (déchargement automatique) dont la capacité était de 50 t environ, mais dont le poids mort était de 45 pour 100 du poids utile.

Autre exemple : les grands wagons à charbon qui circulent sur la ligne du « Norfolk and Western Railway (West Virginia, U. S. A.) » à deux bogies de trois essieux chacun, pesant 130 t en charge (21 t 666 par essieu) ont un poids mort de 40 t. Celui-ci vaut 44 pour 100 du poids utile, lequel s'élève jusqu'à 90 t lors d'un chargement plein (1).

Il y a une part de vérité dans ces réflexions américaines, qu'il importe de retenir et de discuter. Encore une fois, le point de vue chez nous est, économiquement parlant, l'opposé du point de vue américain. Chez lui, la dépense consacrée en charbon, huile, etc., à un excès de poids mort est faible au regard d'un entretien et de réparations (main-d'œuvre) onéreux. Chez nous, c'est tout juste l'inverse ; le charbon vaut parfois deux et trois fois ce qu'il vaut aux États-Unis et la main-d'œuvre le tiers ou le quart. Il vaut donc mieux chez nous, a priori, dépenser moins de charbon et plus d'entretien. Même considération pour la dépense d'énergie électrique.

En résumé, la réduction du poids mort a, actuellement, beaucoup plus d'intérêt en Europe qu'aux États-Unis.

Quand on suit la construction des locomotives à vapeur, on a la même impression; on remarque qu'il y a beaucoup de pièces, qui pourraient être allégées, parce qu'elles ne contribuent pas à une adhérence utile, mais l'allègement occasionnerait une dépense supplémentaire.

Il faut donc éviter de faire des copies trop serviles; mais, il faut s'inspirer largement des procédés de construction américains, qui économisent beaucoup de main-d'œuvre, tout en les appliquant à l'exécution d'un matériel *raisonnablement* lourd et suffisamment élégant pour satisfaire l'âme européenne.

La préoccupation de remplacer le matériel roulant en bois, particulièrement la voiture, par du matériel métallique est née en premier lieu au « Pennsylvania Railroad », à la suite de l'accident si désastreux survenu au chemin de fer métropolitain de Paris.

M. Wallis, le « General Motive Power Superintendant » s'exprimait, à ce sujet, de la manière suivante :

« Pendant que nous étions occupés à construire nos tunnels d'entrée dans la ville de New-York, l'accident très désastreux sur le chemin de fer souterrain de Paris étant survenu, notre président, feu M. J. Cassalt a pris immédiatement position dans la question pour décider qu'aucun matériel inflammable ne serait admis à y circuler. Comme il n'y avait pas de voitures métalliques en usage dans le pays, nous avons dû faire pas mal de recherches et d'études, afin de solutionner la question (1).

» Après que nous eûmes formé notre personnel et monté notre usine dans cet ordre d'idées, il devint nécessaire pour nous d'acheter des voitures chez des constructeurs et nous eûmes à leur fournir du personnel qui pût mettre en marche la construction de ces voitures. Il s'ensuit que nos inspecteurs sont des gens très compétents et peuvent aisément venir en aide dans ce but. En fait plusieurs sont devenus des directeurs de grandes usines de construction de voitures dans ce pays. »

La construction entièrement métallique des voitures à voyageurs a aussi pour avantage, d'après les estimations des constructeurs américains, d'épargner de 5 à 15 pour 100 du poids d'une voiture semblable en bois, ayant la même résistance. Toutefois, on croit aussi que la durée de vie de la voiture métallique sera plus longue que celle de la voiture en bois à cause de la tendance qu'a le bois de pourrir dans les tenons et les mortaises.

Quant à la dépense de construction, elle est à peu près analogue, ou peut-être est-elle légèrement en faveur de la construction métallique, d'après les appréciations des constructeurs de voitures, qui indiquent jusque 30 pour 100 en moins.

Pour faire une *bonne* voiture métallique, des *études très sérieuses sont nécessaires*, en même temps que les enseignements de la pratique *infiniment précieux ceux-là* doivent être introduits dans la construction des véhicules de ce genre.

(1) Il importe de ne pas confondre, lorsqu'on fait des comparaisons, la valeur de la *tonne américaine* avec celle de la *tonne métrique*. La tonne américaine vaut 2 000 livres anglaises de 453,588 kg, c'est-à-dire qu'en unités métriques, elle vaut 907,166 kg lorsque la tonne métrique vaut 1 000 kg.

(1) Avant 1910, car ces tunnels sous l'Hudson ont été ouverts à l'exploitation ainsi que la gare elle-même, au cours de cette année-là.

Digitized by Google

En voyant les nombreux systèmes de voitures à voyageurs métalliques, construites aux États-Unis, on a le sentiment net que la solution *parfaite* du problème n'a pas été commode à trouver, et qu'elle ne l'est probablement pas encore, tant sans faut! Mais il existe, dès maintenant, des voitures donnant grande satisfaction aux exploitants. C'est l'essentiel! Et c'est d'ailleurs tout ce que demande l'Américain, car il sait bien que l'avenir laisse en toutes choses de grandes possibilités au progrès.

La raison d'être de cet état de choses semble résider dans la difficulté énorme de connaître toutes les actions et tous les modes d'action des multiples forces agissant sur un véhicule en mouvement. C'est en se basant sur les effets, dénoncés par la pratique, après un temps d'usage plus ou moins long, que l'on peut remonter aux causes et reconnaître des facteurs d'ailleurs nombreux, qui échappent forcément à l'unique attention du théoricien.

Wagons. — L'aspect du wagon américain est donné par la figure 3 qui montre la photographie d'un wagon canadien absolument semblable à ceux utilisés aux États-Unis. Ici le bois est encore utilisé pour la caisse et le châssis est encore conçu à l'ancienne manière, c'est-à-dire sans la poutre centrale, qui simplifie tant la construction. Au surplus, ce système tend à disparaître et à être remplacé par une construction nettement métallique.

Les bogies actuels ne sont cependant guère différents de ceux que représentent les figures 4 et 5.

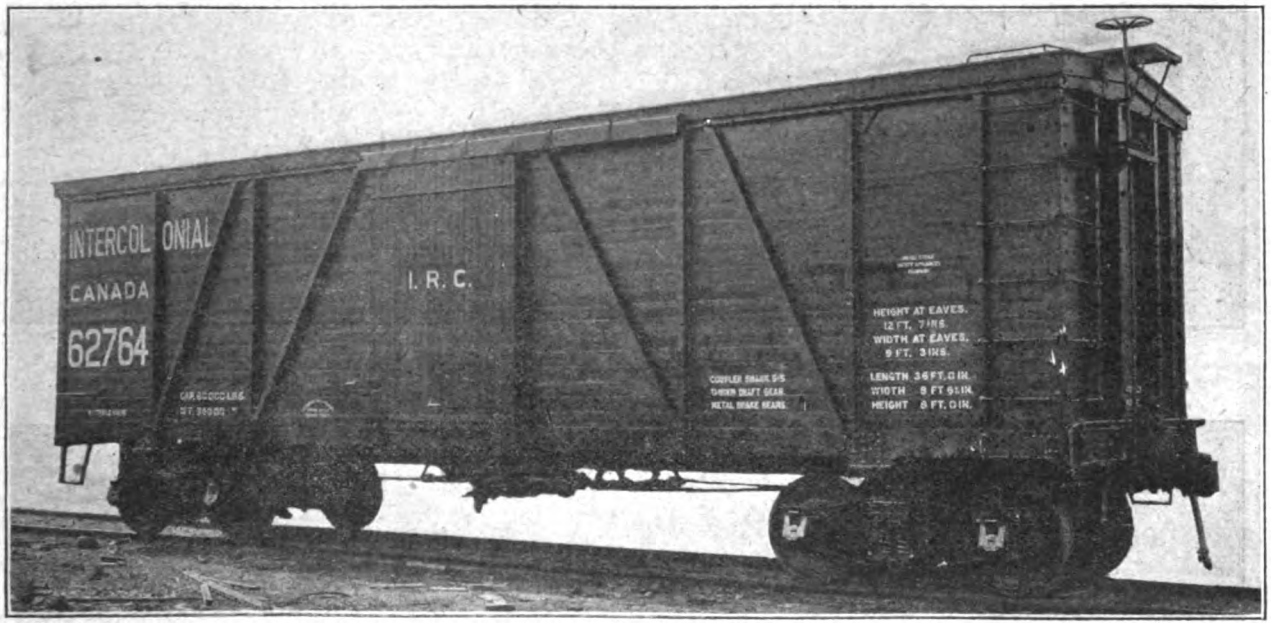


Fig. 3. — Wagon en bois utilisé au Canada semblable à ceux en service aux Etats-Unis.

Le poids de ce wagon est de 36 000 livres pour recevoir un chargement de 60 000 livres, soit 60 pour 100 de poids mort par rapport au poids utile.

Le meilleur wagon entièrement métallique et construit avec une poutre centrale aurait un pourcentage meilleur; en effet, en septembre 1916, on construisait aux ateliers du « Pennsylvania Railroad, » à Altoona, des wagons métalliques fermés dont le poids mort était de 49 500 livres et pouvant recevoir une charge utile de 100 000 livres.

Ceci équivaut à 49,5 pour 100 de poids mort par rapport à la charge utile.

Il sera intéressant de donner quelques détails de construction des wagons métalliques, notamment ceux du Pennsylvania Railroad.

Wagons du Pennsylvania Railroad. — La construction du châssis des wagons fermés aux ateliers du Pennsylvania à Altoona est analogue à celle des wagons ouverts et à celle des voitures en général. Il existe pourtant des variantes; mais un principe général domine, dirait-on, la construction américaine récente : c'est de faire porter toutes les charges et les principaux efforts par une maîtresse poutre ou poutre axiale, généralement de forme tubulaire et de section transversale constante, ou parfois décroissante vers les extrémités.

Sur une maîtresse poutre composée : de deux longerons en U, de cornières rivées et de plaques de recouvrement, de façon à être tubulaire, sont rivées une série de pièces latérales ou bras réunis à leur tour par des pièces longitudinales, auxquelles sont fixés les montants et les parois du véhicule.

Entre les longerons sont intercalées aussi, de part en part, des pièces en acier coulé, en particulier pour maintenir le pivot de bogie (fig. 6).

A l'endroit de la traverse du bogie qui comprend la

Digitized by Google

crapaudine du pivot, des pièces embouties en U, de section décroissante, sont rivées, au moyen d'équerres, à la

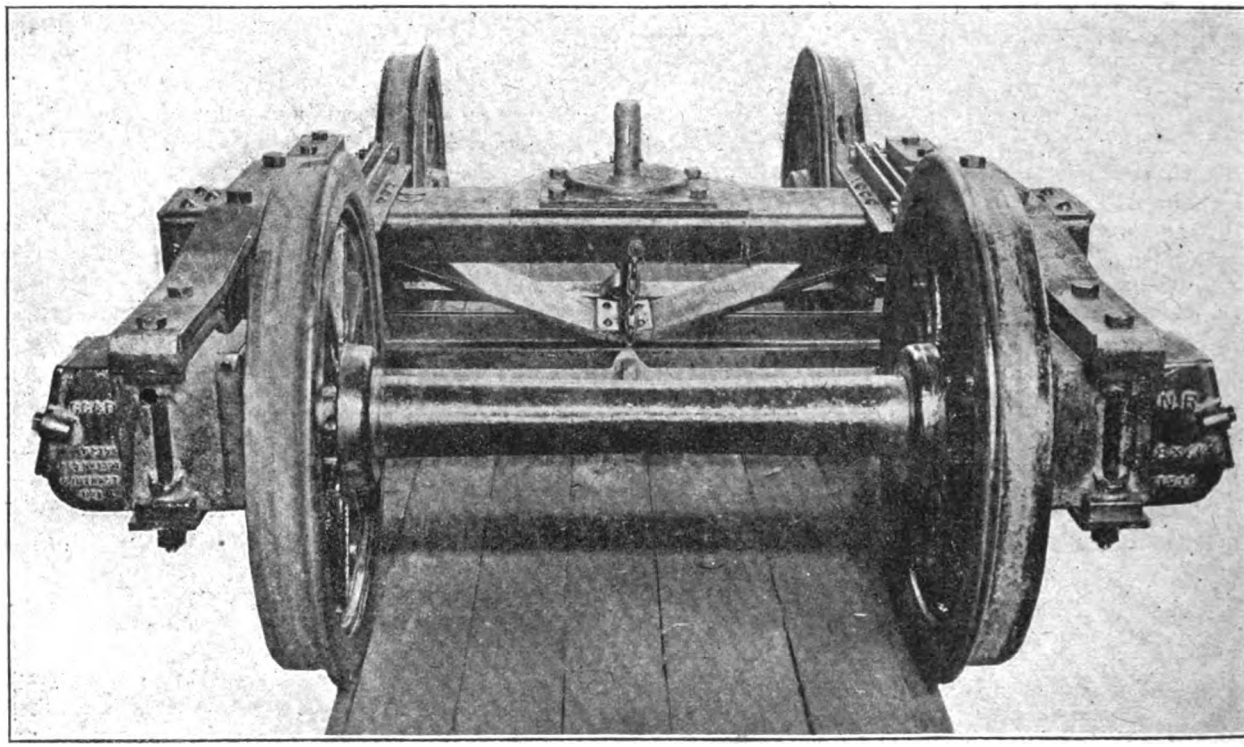


Fig. 4. — Bogie de wagon, vue de face.

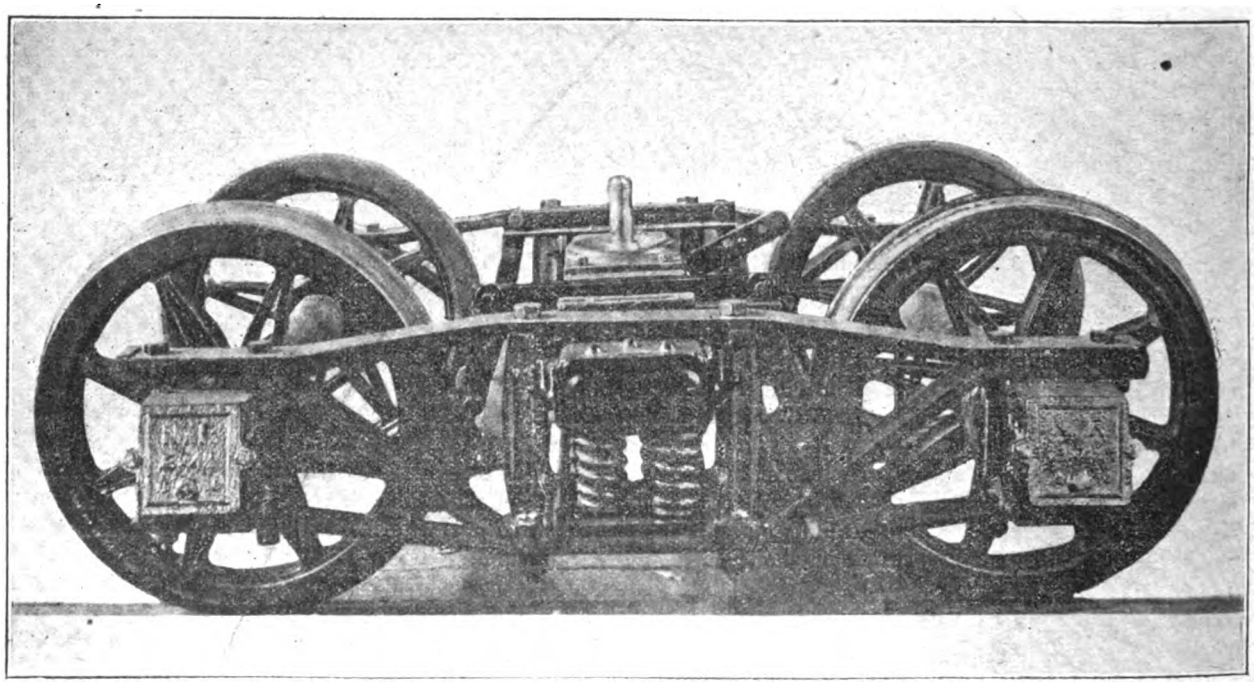


Fig. 5. — Bogie de wagon, vue latérale.

maîtresse poutre, composée des longerons A (fig. 7). De l'autre bout, elles sont fixées à une cornière longitudinale. Aux pièces 1 et 2 est également rivé un tasseau en acier coulé qui s'appuie sur le bogie.

Digitized by Google

Le rivetage se fait au moyen de riveuses portatives à air comprimé, dont les rivets sont chauffés au rouge

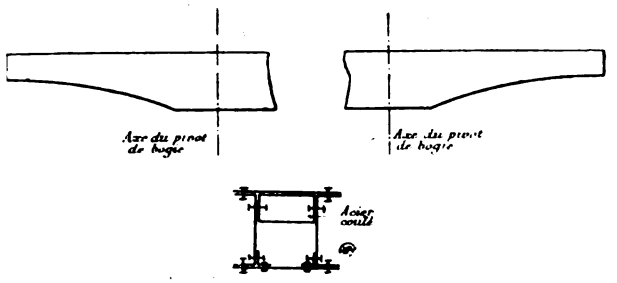


Fig. 6. — Maîtresse-poutre des châssis de véhicules américains.

assez vif dans de petites forges portatives soufflées électriquement.

En plus, latéralement à la maîtresse poutre et de chaque côté, sont rivées une série de pièces embouties à section en U, généralement groupées deux par deux. Ces

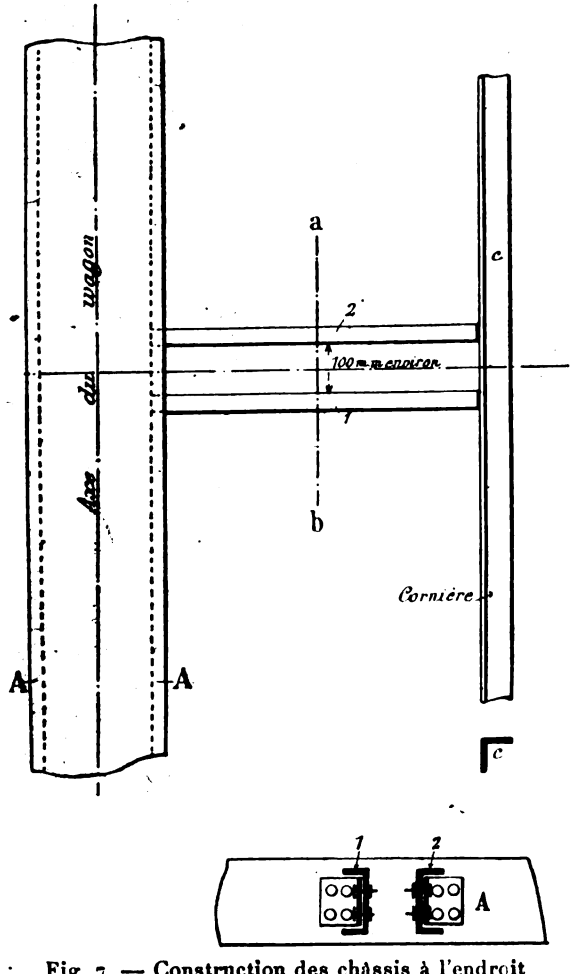


Fig. 7. — Construction des châssis à l'endroit de la traverse du bogie.

mêmes pièces sont également rivées de l'autre bout à la cornière longitudinale *c* (fig. 7).

Au cours de ces opérations, le châssis est déplacé pour recevoir ses parois latérales et le toit.

Les parois sont complètement fabriquées d'avance et le rivetage des parties constitutives est fait au moyen de riveuses hydrauliques fixes : « hydraulic riveters ». Les manipulations en sont facilitées par des « hoists » ou grues électriques.

Les parois étant rivées au châssis, le toit, également construit à part, est posé d'une pièce sur les parois et rivé à celles-ci. Tout ce rivetage se fait mécaniquement à l'air comprimé : les rivets sont chauffés dans de petites forges portatives et ensuite lancés aux poseurs de rivets, qui les rattrapent au moyen d'une auge.

Les parois sont composées de montants en forme de T, sur lesquels sont rivées les tôles. Aux extrémités, ce sont de fortes cornières, qui composent les montants.

Les cornières d'extrémité, comme les montants en T, sont rivés aux cornières latérales du châssis au moyen d'équerres.

Des fers méplats sont disposés diagonalement entre les montants d'extrémité pour raidir longitudinalement la paroi.

Le toit est formé d'une série de pièces embouties plus ou moins ajourées, en forme d'U, auxquelles sont rivées les tôles de la voiture, celles-ci se rabattent latéralement de manière à permettre le rivetage latéral de la

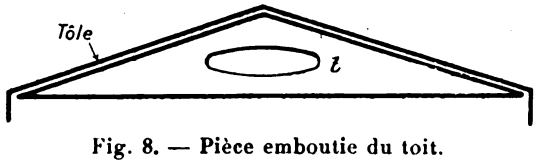


Fig. 8. — Pièce emboutie du toit.

paroi proprement dite, avec ses montants et ses cornières (fig. 8).

L'étanchéité des joints du toit est obtenue par l'insertion d'une pièce de cuir entre deux couvre-joints (fig. 9).

On se proposait aussi d'essayer le remplacement des trois tôles séparées : l'une au toit et une de chaque

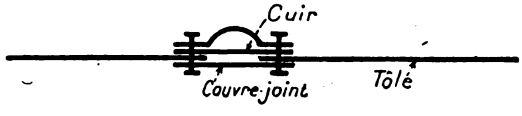


Fig. 9. — Joint du toit du wagon.

côté, par une seule, formant à la fois tôle au toit et sur les deux côtés.

La caisse ainsi terminée, quant au gros œuvre, est posée sur les bogies, construits à côté ou au dehors. Le wagon est ensuite amené plus loin où on le garnit d'un plancher en bois.

Il quitte enfin l'atelier de montage pour attendre, sur les voies extérieures, son tour de peinture, à la machine évidemment, et son passage par les différents services, avant son intercalation dans les trains.

Les engins de levage, petits et grands, jouent un rôle très important dans ce montage. Il y a, dans la halle de

Digitized by Google

construction d'Altoona, pour le seul service du montage, trois ponts roulants de 12,5 t chacun (1).

La halle voisine, qui sert à la préparation des pièces nécessaires à la construction des wagons et à leur emmagasinage, comporte deux ponts roulants de 12,5 t chacun et deux autres de 25 t (1).

Ces derniers circulent aussi à l'extérieur pour desservir un parc de remisage de pièces en grande partie finies, qui précède la halle de fabrication.

Les machines-outils se composent de grosses cisailles, de presses hydrauliques, de poinçonneuses simples ou doubles, etc...

Parmi elles, une presse hydraulique de 1 500 t emboutit à *froid* les longerons des voitures et wagons de 42 pieds et 6 pouces, soit à peu près 12,75 m et aussi ceux de 46 pieds 6 pouces. L'épaisseur du métal est un peu supérieure à 10 mm. Mais cette presse est considérée comme insuffisante et elle devait être remplacée par une autre de 2 200 t (1).

Des presses moins puissantes de 400 t servent à emboutir des pièces plus petites et aussi plus compliquées. Il faut les chauffer préalablement; telles sont les pièces embouties, latérales à la maîtresse-poutre à section décroissante, etc...

Les poinçonneuses multiplex poinçonnent à la fois 15 ou 20 trous dans les tôles et de deux côtés en même temps.

La puissance, ainsi que la capacité de travail de ces machines, sont vraiment remarquables et semblent dépasser ce que nous voyons en Europe. Mais, s'il est vrai qu'elles « dévorent », peut-on dire, le travail, il n'en est pas moins vrai qu'elles coûtent très cher de capital installé et que leur utilisation économique exige une fabrication continue.

Les wagons américains pour le transport du charbon, des minerais, terre, etc., comportent tous des trémies inférieures qu'on ouvre à l'endroit de déchargement.

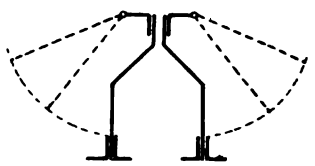


Fig. 10. — Poutre centrale pour wagon à trémies inférieures de déchargement.

Dans ces conditions, la poutre centrale a très souvent une forme amincie vers le haut (fig. 10), de manière à permettre l'effacement plus complet des trappes. Ce système économise énormément de main-d'œuvre, mais les raccordements des voies ferrées industrielles sont en rapport. Le wagon est amené sous la trémie de chargement ou au-dessous de la soute de déchargement, de cette manière l'écoulement des matériaux à charger ou à décharger se fait toujours suivant la loi de la gravité.

Nous avons déjà fait observer que l'acier coulé s'employait de plus en plus dans la construction des châssis. Il en est ainsi pour les pièces d'extrémité de la maîtresse-poutre, destinée à recevoir les appareils d'attelage. L'usage de l'acier coulé s'introduit même dans la construction des bogies dont les traverses valseuses sont alors coulées au lieu d'être formées de pièces assemblées.

Le wagon plat, que représente la figure 11, est construit de manière analogue à ce qui a été dit ci-dessus. Il

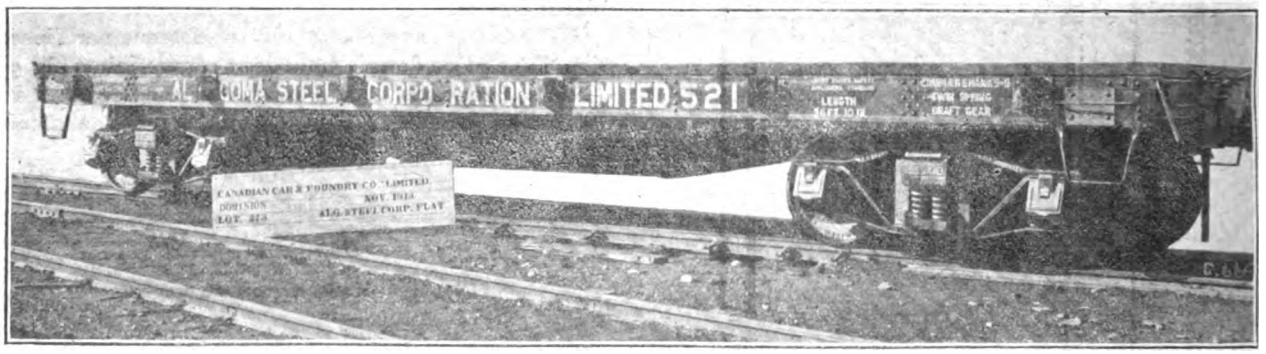


Fig. 11. — Wagon plat en acier de l'Algoa Steel Corporation. Poids mort : 34 000 livres (15 422,4 kg).

est susceptible de recevoir des haussettes, s'il est nécessaire, ou des montants latéraux.

Son poids de chargement est de 100 000 livres (45 360 kg) et son poids mort de 34 000 livres (15 422,4 kg).

Les bogies sont construits en acier forgé. Ce système de bogie est extrêmement simple et pratique; il est représenté plus clairement par les figures 4 et 5.

L'acier coulé tend également à remplacer les longerons de bogie assemblés. Quant aux roues, elles sont le plus fréquemment fabriquées en acier coulé, comme le montre la figure 11. Exceptionnellement, il est fait usage de roues à pièces rassemblées, comme le montrent les figures 4 et 5.

La figure 12 représente un longeron de locomotive électrique en acier coulé, dont la construction s'effectuait à Altoona pendant l'automne 1916.

La figure montre jusqu'à quel point de perfection

(1) La tonne américaine égale 907,66 kg.

Digitized by Google

dans la coulée et dans la mécanisation peut être portée la fabrication des pièces en acier coulé qui sont presque à confondre avec l'acier forgé. D'ailleurs, le Pennsylvania emploie, depuis environ dix ans, l'acier coulé pour ses longerons de locomotive.

A condition d'obtenir une certaine légèreté pour le moulage des pièces, l'acier coulé s'introduira évidemment de plus en plus dans la construction des châssis de véhicules métalliques.

Les châssis des voitures métalliques à voyageurs du Pennsylvania Railroad sont construits aux ateliers d'Altoona, à peu de chose près, de la même manière que ceux des wagons. Les différences portent sur la poutre tubulaire centrale, qui est de section uniforme jusqu'aux extrémités, ainsi que sur les pièces rivées latéralement à la poutre centrale dont les dimensions en hauteur et épaisseur sont moindres. Évidemment, cette diminution de la résistance des pièces latérales est justifiée par le moindre poids utile que doit prendre la voiture à voyageurs.

Toutes les voitures et wagons sont pourvus de l'amortisseur Westinghouse qui est un complément indispensable de l'attelage central.

Les ateliers du Pennsylvania à Altoona ont produit une moyenne de 14 wagons fermés par jour, pendant l'année 1916, avec un personnel ouvrier de 477 hommes en y comprenant tous les corps de métiers : les ajusteurs mécaniciens, les tourneurs, les monteurs, les menuisiers, les peintres, etc., avec leurs chefs d'équipe.

Les ouvriers groupés en équipe, sont commandés par

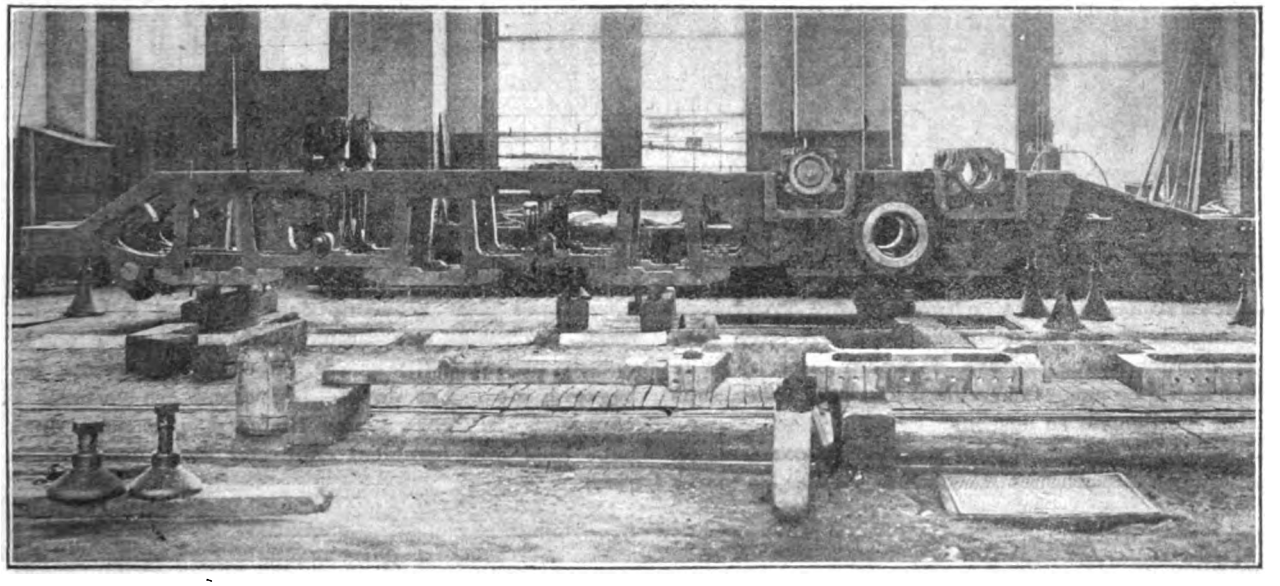


Fig. 12. — Châssis de locomotive électrique en construction dans les ateliers du Pennsylvania à Altoona (1916).

un contremaître et un contremaître assistant. Le montant des salaires, payés par semaine (55 heures pour tous les corps de métier, sauf pour le travail aux machines « machine Work » pour lequel le nombre d'heures est de 65) est de 10720 dollars.

Un simple ouvrier, qui manipule le matériel « Handling materiel » gagne 0,20 $ (1,04 fr) à l'heure ; un chef d'équipe de la manipulation du matériel : 0,25 $ (1,30 fr) à l'heure ; un ouvrier monteur : 0,38 $ (1,97 fr) ; un ouvrier qui fait le travail aux machines : 0,42 $ (2,18 fr) ; le contremaître : 150 $ (781,50 fr) par semaine, et le contremaître assistant : 625,20 fr par semaine.

Les chiffres si élevés des salaires, comparés à ceux de nos pays, font ressortir la très grande importance qu'acquiert le travail rapide par la machine ainsi que la dépense élevée qu'entraînent toutes les opérations de main-d'œuvre. Aussi, tout parachèvement ayant trait à l'aspect du véhicule (wagon ou voiture) ou même à une diminution de son poids, et qui engage une certaine main-d'œuvre, est systématiquement négligé.

Voitures. — Les châssis des voitures à voyageurs sont construits, à peu de chose près, comme ceux des wagons. Toutefois, ces constructions elles-mêmes sont encore l'objet de modifications diverses.

C'est surtout du côté des caisses des voitures que les modes de construction ont varié depuis quelques années. En vue d'alléger d'autant le châssis, on a aussi songé à faire intervenir dans sa résistance les pièces composant les parois et le toit.

Évidemment, à condition de « raidir » suffisamment une paroi complète, pour qu'elle ne se déforme pas latéralement, sous l'action des forces agissantes, on pourrait faire intervenir, dans le calcul, tout le métal de bas en haut d'une paroi ; mais une telle construction n'est pas aisée à réaliser si l'on veut

Digitized by Google

rester dans des limites acceptables de poids mort.

Toute la question est de « raidir » afin d'éviter un déjettement latéral. A ce point de vue, la forme plus ou moins parabolique des extrémités d'une voiture est avantageuse.

La figure 13, qui représente une voiture métallique de l' « Elevated » de Boston réalise ce but.

La préoccupation de réduire le poids mort des voitures est forcément à la base de toutes ces considérations. Or, il importe de reconnaître qu'il y a là aussi,

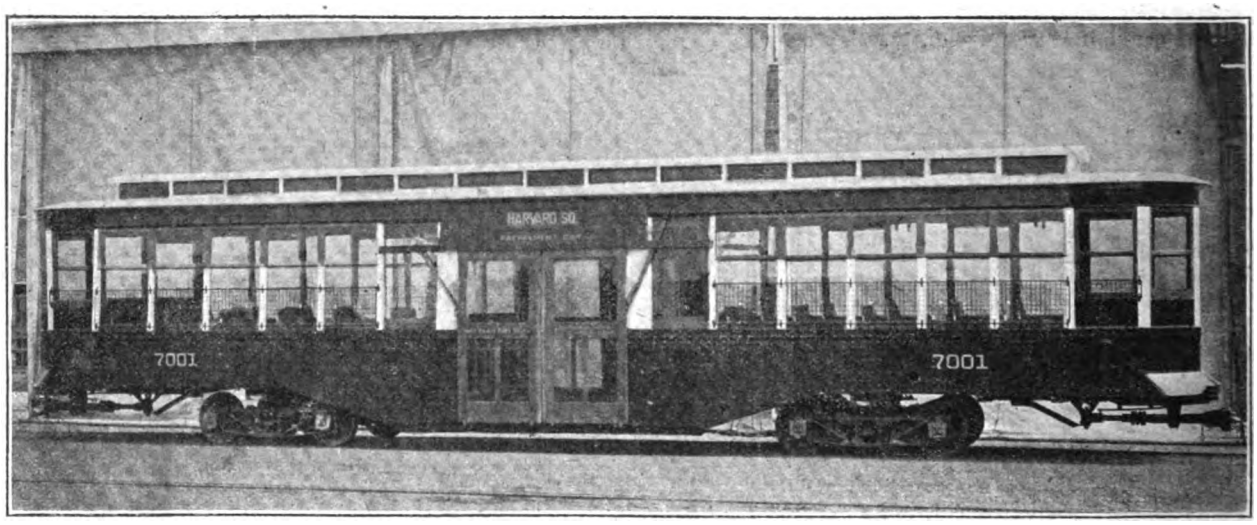


Fig. 13. — Voiture métallique de l'Elevated de Boston.

comme en toutes choses, une limite d'ordre économique qu'il importe de ne pas dépasser. Pour être sage, lors de la création d'une voiture, il faudra donc avoir ce chiffre limite en vue, et chercher à s'en approcher, sans tomber inutilement en dessous.

Il ne semble pas en général que, dans la construction des voitures métalliques de chemin de fer, la paroi intervienne pour beaucoup dans le calcul de la résistance, autrement que comme poids mort porté par le châssis, au même titre que le toit et les voyageurs, les bagages, etc... Les données du calcul des voitures à voyageurs du Pennsylvania Railroad, que nous donnons plus loin, semblent confirmer cette manière de voir.

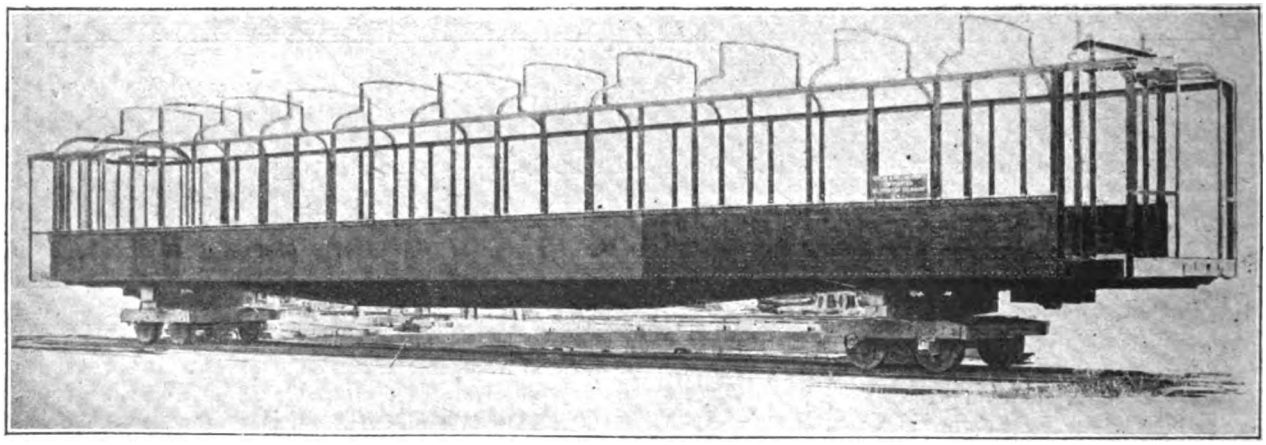


Fig. 14. — Ossature d'une voiture métallique du Southern Railway and Queen and Crescent Railway.

Autre considération, cependant, lorsqu'il s'agit des voitures dessinées d'après les idées de L. B. Stillwell.

La figure 14 qui représente l'ossature de la caisse d'une voiture métallique du « Southern Railway and Queen and Crescent Railway Cars » montre, surtout si on la compare à la figure 15, la grande différence constructive qu'il y a entre la voiture qui porte la caisse et celle pour laquelle l'ossature de la caisse intervient auxiliairement pour la résistance du châssis.

Digitized by Google

Il en est de même si on fait la comparaison avec la voiture de l'Elevated de Boston (fig. 13).

Le but de M. Stillwell, et qu'il paraît avoir atteint, est de construire la caisse, comme on construit une boîte, en éliminant toutes les parties qui ne contribuent pas à la résistance à la fois verticale et transversale.

On peut remarquer, par exemple, qu'il n'y a pas de lisse, au niveau des fenêtres, dans les parois, alors qu'il est d'usage courant de construire toutes les caisses avec cette pièce.

Au contraire, le maintien de cette pièce serait une erreur, d'après M. Stillwell, quand la paroi doit servir à supporter une partie de la charge portée par le châssis. C'est que, en effet, cette pièce, de dessous les fenêtres, se trouve trop près de l'axe de la poutre, ainsi considérée, pour être considérée comme utile.

La figure 15 fait voir l'ossature d'une voiture métallique pour le « New-York Westchester and Boston Railway ».

Le plancher aussi bien que le toit sont construits de manière à se comporter comme le feraient les côtés d'une boîte. Le toit est suffisamment solide pour que la voiture puisse être retournée et mise sur lui sans craindre une détérioration sérieuse.

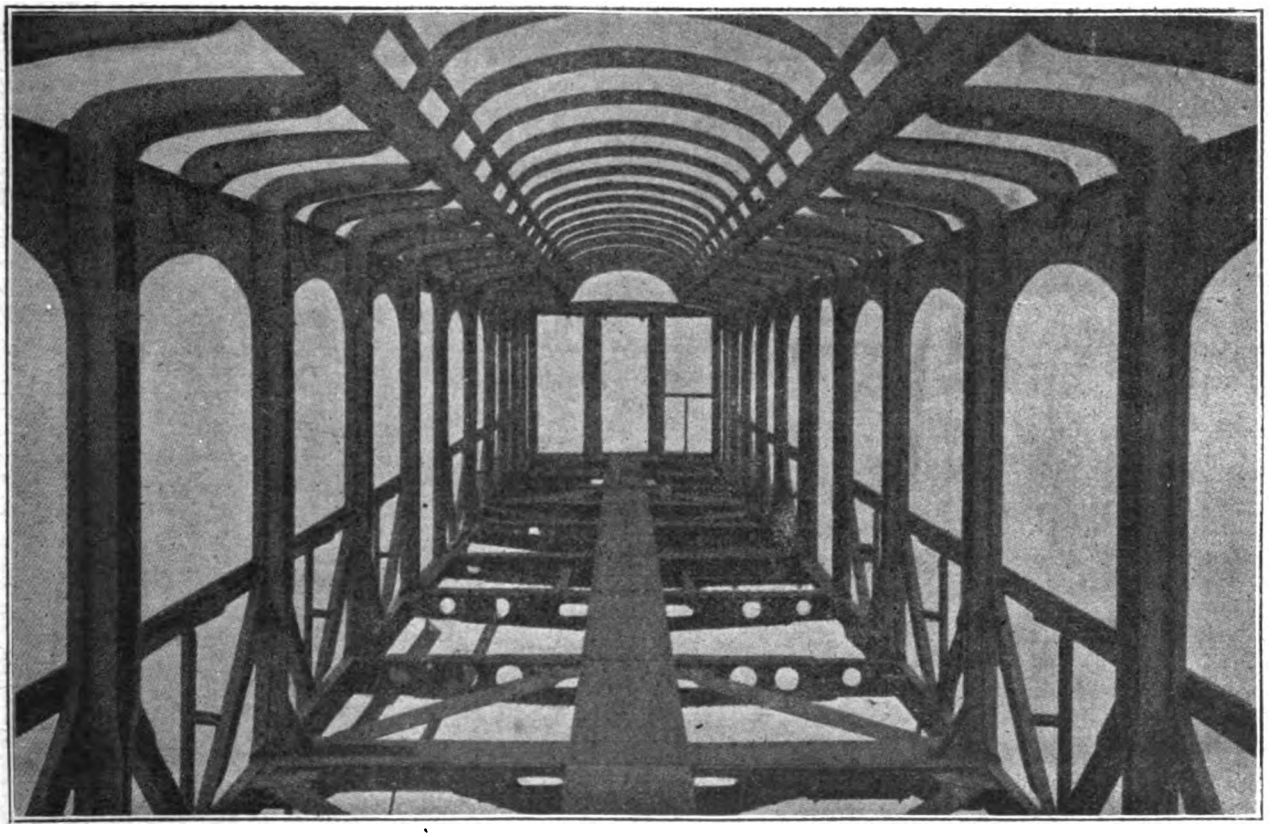


Fig. 15. — Ossature d'une voiture métallique automotrice pour le New-York, Westchester and Boston Railway.

Il est même construit de façon à pouvoir supporter les chocs, qui se produiraient sur lui, au cas où le poids tout entier reposerait sur ses rebords.

Les montants latéraux des parois latérales sont pliés à leurs sommets de façon à y être rejoints, tout en ménageant une courbure assez forte dans l'axe de la voiture. Ces pièces sont réunies à la base de la courbure par des lisses. Cette disposition forme l'équivalent d'un rebord pour la poutre exagérée que constitue la paroi de la voiture.

En général, les éléments de la caisse sont calculés pour résister à un effort de 13000 livres (5900 kg) et la voiture se soutient elle-même sans forte surfatigue de ses éléments, même lorsqu'elle est débarrassée de ses bogies et qu'elle est portée par ses extrémités.

Le poids complet d'une voiture de l' « Erié Railroad », construite en 1915, avec ses bogies, mais sans moteurs électriques de traction, ni d'équipement d'éclairage électrique, est de 87000 livres (39500 kg).

Ce poids est, approximativement, de 8 pour 100 inférieur à celui des voitures métalliques du même ordre, en usage sur ce chemin de fer, bien que les anciennes voitures soient moins bien calculées pour supporter des efforts anormaux.

Le but poursuivi est de joindre la sécurité du voyageur au confort, d'obtenir des dépenses de traction faibles ainsi qu'un prix de premier établissement bas et un coût d'entretien très modéré.

Digitized by Google

En vue d'obtenir la sécurité, il a fallu que l'auteur étudie, d'une manière spéciale, comment se comportent les voitures de chemin de fer lorsqu'elles sont soumises aux efforts des collisions et à ceux qui sont la conséquence des déraillements.

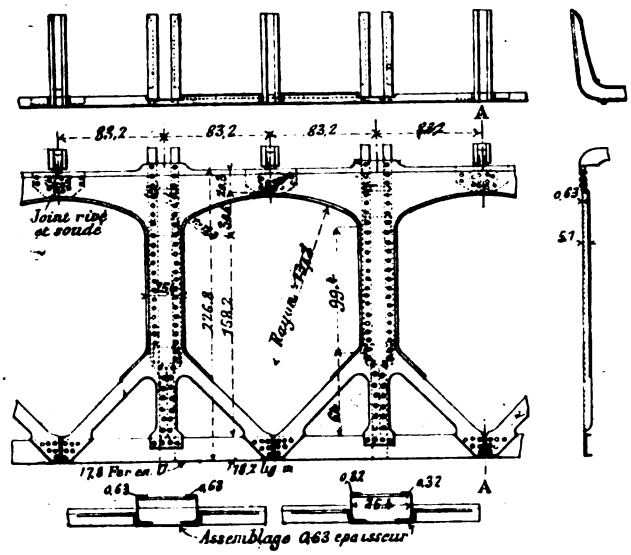


Fig. 16. — Montants des parois de la voiture de l'Erié Railroad.

C'est pourquoi la voiture est, en quelque sorte, entourée d'éléments lourds, résistant aux chocs, qui sont assemblés entre eux d'une manière très étroite, de manière à former une sorte de boîte solide.

Non seulement le plancher est très robuste, mais la charpente des parois est combinée de manière à résister à l'écrasement ou au télescopage, même si la voiture venait à être retournée (fig. 16).

La forme du toit est aussi favorable à l'exercice de cette résistance vu que, comme on l'a déjà dit, les montants sont repliés à hauteur de celui-ci et sont réunis, de chaque côté, par un longeron de 5 pouces (125 mm) sur 3/16 pouce (5 mm) d'épaisseur (fig. 15).

Les montants d'extrémité du couloir central se composent de poutres, double té, de 9 pouces (225 mm) solidement rivées aux longerons ainsi qu'aux éléments de la caisse.

La caisse et les cloisons comportent aussi des montants en forme de cornières de 1/4 pouce (7 mm) d'épaisseur et de 12 pouces (300 mm) de largeur, attachés au moyen de goussets de 1/4 pouce (7 mm), de manière à fortifier les extrémités des parois contre toute chance d'écrasement, en cas de très fort choc.

La figure 17 montre comment est conçu et construit le châssis.

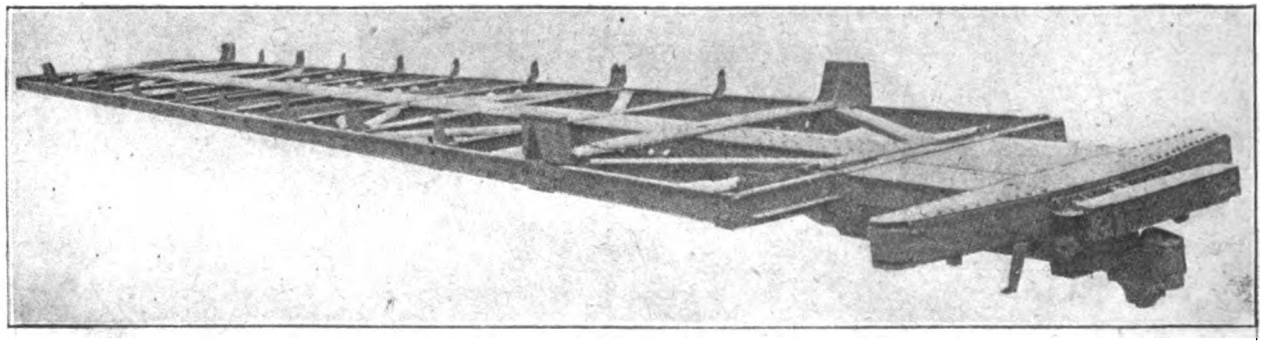


Fig. 17. — Châssis de la voiture de l'Erié Railroad.

Il est intéressant de souligner qu'on s'est attaché à *diminuer le poids mort*. Le tableau ci-après montre que, comparativement, cette voiture pèse moins par place assise que les voitures les plus légères en bois de la même Compagnie.

La comparaison des poids à l'unité de longueur (le pied = 304 mm) est particulièrement suggestive, parce qu'elle n'est pas affectée par l'espace réservé aux sièges.

De plus, les voitures métalliques comportent l'amortisseur Westinghouse appliqué à la barre de traction ainsi que de grands longerons (maîtresse-poutre), alors que la construction des voitures en bois est beaucoup moins solide et ne comporte que de légers ressorts pour la barre d'attelage, à l'endroit des plates-formes.

La dépense d'entretien des voitures métalliques est une chose au sujet de laquelle, on connaît encore fort peu, et l'influence de la force de la structure sur le taux de détérioration en est une autre qui demandera encore du temps avant qu'on puisse la définir.

Il est, cependant, évident que l'entretien doit être plus faible pour une voiture dont la structure est rigide que pour celle dans laquelle des fentes même petites se produisent aux joints. C'est pourquoi, les pièces qui supportent la charge s'étendent sur toute la hauteur de la paroi.

Il n'a pas été nécessaire de mettre une lisse sous les fenêtres « belt rail », parce que la charpente est composée d'une série de pièces embouties en forme de T, comportant à leur base des parties en diagonale (fig. 16).

Les tôles ne servent qu'à fermer la voiture, et elles

Digitized by Google

Tableau I.

	VOITURE TOUTE EN ACIER	VOITURE AVEC CHASSIS EN ACIER	VOITURE AVEC CHASSIS EN ACIER	VOITURE ENTIÈREMENT EN BOIS	VOITURE ENTIÈREMENT EN BOIS
Nombre de places assises	86	72	72	72	72
Poids moyen	95 400 livres 43 300 kg	96 500 livres 44 000 kg	100 500 livres 45 300 kg	83 200 livres 37 500 kg	83 200 livres 37 500 kg
Poids par voyageur assis	1 100 livres 500 kg	1 340 livres 625 kg	1 400 livres 635 kg	1 140 livres 515 kg	1 200 livres 545 kg
Poids de l'équipement de lumière	Accumulateurs. 8 000 livres 3 500 kg	Accumulateurs. 3 500 kg	Accumulateurs. 3 500 kg	Gaz. 900 kg	Dynamos et accumulateurs. 2 950 kg
Poids net sans l'équipement de lumière	87 400 livres 39 500 kg	88 500 livres 40 500 kg	42 000 kg	37 600 kg	36 500 kg
Poids par place assise sans l'équipement de lumière	460 kg	555 kg	582 kg	510 kg	505 kg
Longueur totale	70 pieds 4 pouces 22 m	20 m 1/2	20 m 1/2	20 m 1/2	20 m 1/2
Poids par pied de longueur sans l'équipement de lumière	1 243 livres 565 kg	1 333 livres 605 kg	1 395 livres 630 kg	1 225 livres 555 kg	1 210 livres 550 kg

sont composées de feuilles en fer de lingot de $\frac{1}{16}$ de pouce (1,6 mm environ), parce que ce métal résiste bien à la rouille, lorsqu'il est fabriqué en feuilles minces. Les châssis de fenêtre sont portés par les montants latéraux, étant soudés à ceux-ci afin de former des joints étanches à l'eau.

La hauteur des poutres latérales est de 7 pieds 5 pouces (2,25 m sensiblement), c'est-à-dire à peu près deux fois et demie celle qu'il est possible d'admettre dans le type de construction pour lequel une lourde lisse « belt rail » sert, sous les fenêtres, comme élément devant subir une certaine compression.

Comme la déviation (« deflection ») varie suivant le cube de la hauteur de la poutre, tandis que la résistance dépend seulement du carré de la hauteur, il est évident que la rigidité de la structure de cette voiture est plus de 2 fois et demie aussi grande que celle qui existerait avec une voiture calculée pour la même résistance, mais dont les montants seraient limités approximativement à la hauteur des fenêtres.

En comparaison avec le type de construction, dans lequel il n'y a pas du tout de poutres latérales (par exemple, celui de la figure 14), la rigidité est même quelque chose comme sept fois plus grande, pour la même résistance. Il est, de plus, évident que la limitation de la déviation « deflection » a pour conséquence de diminuer la tendance au jeu dans les joints du toit et entre les tôles du toit et les pièces latérales; à cela s'ajoute moins de chances de voir les rivières se relâcher ou sauter. La dépense de construction suivant la pratique américaine est à peu près porportionnelle au poids pour les véhicules métalliques, si l'on fait abstraction de certaines garnitures extraordinaires; et on peut affirmer également que la réduction en poids d'une livre (453,588 kg) procure une réduction de 10 cents (50 centimes) dans la dépense de premier établissement.

Il est absolument indispensable pour les voitures métalliques à cause de leur rigidité propre, d'utiliser un système de tamponnement efficace. La voiture en question est munie d'un tel système, qui est à même d'absorber les chocs les plus sérieux, en service courant. Les longerons sont capables de supporter un effort de 400 000 livres (162 000 kg à un taux de fatigue pour les fibres du métal de 18 000 livres (8 125 kg.)

La construction des longerons en avant des traverses de bogies est comprise de telle façon qu'ils soient supportés par les pièces des côtés de la charpente, des longerons supplémentaires et les poutres de la cloison. De fortes pièces embouties, rivées aux longerons (maitresse-poutre) qui s'étendent au delà des traverses s'opposent au moment fléchissant en ce point-là, qui est dû aux forces de traction ou de compression agissant excentriquement sur la barre d'attelage; et, par la caisse elle-même, la maîtresse-poutre, les longerons additionnels et la traverse, le moment fléchissant est transféré aux charpentes latérales (côtés) de la voiture.

De cette manière, la partie des longerons axiaux (maîtresse-poutre) entre les traverses auxquelles s'appliquent les bogies est déchargée de tout effort excentrique et la section tout entière de la maîtresse-poutre est disponible pour opposer sa résistance aux efforts de compression directs.

Les longerons axiaux (maîtresse-poutre), *entre les traverses de bogies*, consistent en deux fers **U** de 8 pouces (204 mm), joints dos à dos à une distance de 14 pouces (355 mm), pour une tôle de couverture supérieure de 19 pouces (485 mm) sur 3/8 pouce (9,5 mm) d'épaisseur, et deux cornières inférieures de 4 pouces (102 mm) sur 3 1/2 pouces (88,5 mm) et 3/8 pouce (9,5 mm d'épaisseur, qui renforcent les rebords inférieurs des longerons (fig. 18).

La section totale est ainsi de 22 pouces carrés (14 190 mm²).

Digitized by Google

En avant des traverses, les longerons supplémentaires en acier embouti de 10 pouces carrés (6451 mm²) renforcent la résistance de la poutre centrale (maîtresse-poutre).

Les charpentes latérales, qui ont 7 feet 5 3/4 inches (2,25 m) depuis le bas du longeron (petit longeron inférieur en U latéral au châssis) jusqu'au sommet de la paroi, sont conçues comme *si elles constituaient des poutres de pont*, avec, par poutre, une pièce de compression en acier embouti à la partie supérieure et une pièce en U soumise à la tension à la partie inférieure (fig. 16).

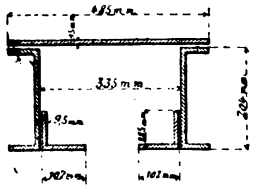


Fig. 18. — Section transversale de la maîtresse-poutre des voitures métalliques de l'Erié Railroad.

Les montants qui réunissent ces pièces entre elles sont des pièces en forme d'U de 10 pouces (254 mm), et d'un quart de pouce (6, 35 mm) d'épaisseur.

Les montants sont garnis de bretelles venues de forge avec les poutres, qui naissent sous les fenêtres, et de goussets à rebord à la partie supérieure. Ils sont renforcés au moyen d'autres emboutis, de manière à former une sorte de boîte, l'épaisseur variant de 1/8 de pouce (3,2 mm) à 1/4 pouce (6,4 mm) pour les montants, qui sont soumis au plus grand effort de cisaillement horizontal.

A l'endroit du cisaillement maximum, le montant est encore renforcé par des cornières de 2 pouces (50,8 mm) sur 3/16 pouce (4,8 mm) d'épaisseur fixées dans les deux coins du montant-boîte, l'effort de cisaillement étant ici de 11 000 livres (5000 kg sur chacune des pièces montantes).

La fatigue maximum qui a été admise dans les calculs, pour les charpentes latérales, est de 16 000 livres (7250 kg) par poutre carré (645 mm). Cette fatigue est basée sur le moment fléchissant qui résulte du poids total de la voiture, portée par les pivots des bogies, augmenté de la charge maximum de voyageurs, pouvant se trouver ensemble dans la voiture. A cette double charge est encore ajoutée une surcharge de 25 pour 100 du poids mort total et de la charge maximum des voyageurs.

Dans ces conditions, la fatigue dans les traverses des bogies est maintenue à 12 000 livres (5450 kg) et celle existant dans le châssis du truck, qui n'est pas supportée par des ressorts, à 8000 livres (3630 kg).

Les parois de la voiture, comme il a été déjà dit auparavant, présentent une certaine résistance transversale, à cause du repliement des extrémités des montants, qui forment ainsi rebords. Cette disposition lui permet de supporter les efforts, qui se développent lorsque, par suite de circonstances particulières, la charge due au poids total de la voiture agit d'un seul côté seulement.

La charpente du toit est composée de fers en U, d'une forme particulière, telle qu'elle puisse procurer à la fois, non seulement une grande résistance, mais aussi une bonne ventilation, une bonne distribution de la lumière réfléchie et un bon support pour les collecteurs de courant électrique, dans le cas où la voiture est équipée à l'électricité.

Le toit est recouvert comme les parois de feuilles en fer de lingot : « non-corrodible American ingot iron », de 1/16 pouce (1,6 mm) d'épaisseur. Les joints sont rivés et soudés : « flame welded ».

Les bogies sont du type non égalisé : « non-equalized » et sont montés d'un ressort à boudin par boîte à graisse, ainsi que de deux systèmes de quadruples ressorts elliptiques de 38 pouces (965 mm.)

Un bogie complet avec la timonerie du frein, des roues de 35 pouces (835 mm), des essieux dont les fusées sont de 5 pouces (127 mm) sur 9 (280 mm), pèse 12 500 livres (5650 kg).

L'isolement de la voiture (pris évidemment dans le sens de l'isolement de la température extérieure) est composé de « Flaschinum » (nom d'un isolant spécial) de 3/4 pouce (19 mm) d'épaisseur, attaché aux tôles de la paroi extérieure par des clous, soudés à celle-ci, et repliés au-dessus de rondelles, qui maintiennent ce matériel isolant en place.

Le même système de voitures métalliques automotrices, construites récemment pour le « New-York Westchester and Boston Railway » dont la figure 15 montre l'ossature répond aux données suivantes :

Longueur totale, extrémités des attelages comprises, 72 feet (21,888 m).

Longueur des longerons (maîtresse-poutre), 61 feet 4/2 inches (18,70 m).

Distance d'axe en axe des bogies, 47 feet 7 1/2 inches (14,48 m).

Nombre de places assises, sans portes latérales au milieu de la caisse, 86.

Nombre de places assises, avec portes latérales au milieu de la voiture, 78.

Poids de la caisse et des bogies, 81 500 livres (36930 kg).

Poids de l'équipement électrique comportant deux moteurs à courant monophasé de 175 ch, 37 500 livres (16989 kg).

Au « Pennsylvania Railroad », il est construit deux genres de voitures métalliques : celles qui entrent dans la composition des trains de grande distance (encore remorqués à la vapeur) et celles qui concernent les trains de petite distance ou trains suburbains (tractionnés à l'electricité).

Matériel lourd (trains de grande distance). — Les voitures comportant des bogies à 4 roues, sont supposées ne peser que 140 000 livres (53400 kg), et les voitures à bogies de 6 roues, 200 000 livres (90 500 kg). Ces chiffres comprennent le poids, supposé être uniformément distribué, sur la surface du plancher.

En se basant sur ces poids, les efforts dans les éléments du châssis sont d'environ 14 000 livres (6350 kg) par pouce carré (9 kg : mm²) et ne peuvent jamais dépasser 16 000 livres par pouce carré (10 kg : mm²).

Digitized by Google

Les longerons centraux consistent en deux fer U « Channels » de 18 pouces (455 mm), et de deux plaques de recouvrement de 1/2 pouce d'épaisseur sur 24 pouces (12,7 mm d'épaisseur × 610 mm de largeur).

C'est un minimum, qui équivaut à environ 50 pouces carrés de section (3240 mm²). Pour les voitures avec des bogies de 6 roues, qui sont plus longues, de courtes plaques supplémentaires (short cover plates) sont ajoutées afin de maintenir la fatigue au taux voulu.

On doit aussi tenir compte des chocs aux extrémités de la maîtresse-poutre. Les calculs, à ce point de vue sont basés sur un effort résultant agissant sur une extrémité de la maîtresse-poutre de 400 000 livres (182 000 kg), dont 150 000 livres (68 000 kg), sont supposés agir suivant l'axe de traction et 250 000 livres (11 400 kg) au point de contact entre le coupleur (attelage automatique) et l'extrémité d'un longeron. Sous un choc d'extrémité équivalent, la fatigue par pouce carré ne peut pas excéder 16 000 livres (10 kg : mm²).

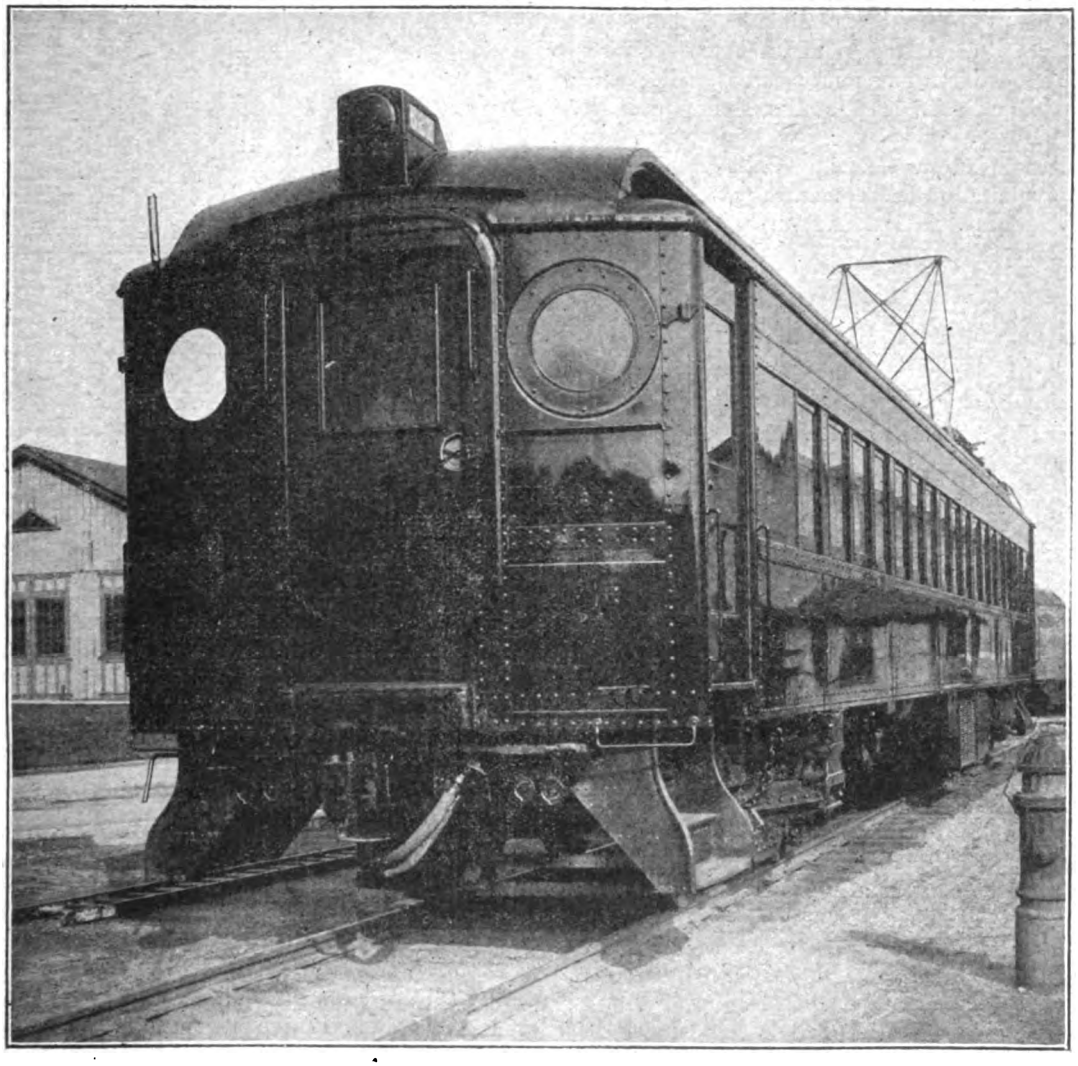


Fig. 19. — Voiture métallique automotrice de la ligne Philadelphia-Paoli.

Pour le calcul des montants latéraux, on fait abstraction des parties métalliques qui se trouvent au-dessus de la lisse (belt rail) disposée à mi-hauteur de la caisse. La lisse (belt rail) est la pièce longitudinale de renforcement, située immédiatement sous les encadrements de fenêtres.

Les montants d'extrémité sont dimensionnés assez fortement afin d'éviter que les voitures ne puissent se superposer l'une à l'autre, et la somme des modules de tous les membres d'extrémités vaut 100.

La construction des parois ainsi que celle du toit est telle que le corps de la voiture puisse être renversé de côté sans déformation importante.

Matériel suburbain — Les voitures de ce type sont de construction plus légère. Les principes fondamentaux sont pratiquement les mêmes, sauf que chaque

Digitized by Google

chose en particulier est ramenée à 75 pour 100. La section de la maîtresse-poutre est à peu près de 33,1/3 pouces carrés (2 140 mm²). La fatigue due à une charge d'extrémité de 400 000 livres (182 000 kg) — l'équivalent d'un choc modéré — peut atteindre 18 500 livres par pouce carré (13 kg : mm²).

Le poids maximum de la voiture — non compris les moteurs ou autre poids additionnel sur les bogies — est de 110 000 livres (49 000 kg) environ.

Pour la charge statique agissant sur la caisse, en ne comprenant pas les chocs d'extrémité, les fatigues sont supposées être les mêmes que pour les autres voitures, d'environ 14 000 livres par pouce carré (10 kg : mm²), avec un maximum absolu de 16 000 livres par pouce carré (11 kg : mm²).

Les voitures de la ligne électrique Philadelphia-Paoli, ouverte à l'exploitation en septembre 1915, sont construites d'après ces données. La figure 19 montre leur aspect extérieur.

Le coût de la voiture, sans l'équipement électrique, a été de.....	11 801,63 $
La dépense pour l'équipement électrique a été de.....	8 273,47 $
Au total.....	20 077,10 $

pour la dépense de la voiture complète; 93 voitures de l'espèce ont été construites pour la ligne indiquée.

Elle (fig. 19) est calculée à raison de 75 pour 100 de la résistance que présentent les voitures des grandes lignes.

Voici quelques données :

Largeur : 9 pieds 11 pouces 1/2 (3 m sensiblement).

Hauteur du toit au-dessus des rails : 13 pieds (3,90 m sensiblement).

Hauteur (extérieure) de la caisse y compris le lanterneau : 9 pieds 4 pouces 1/2 (2,82 m sensiblement).

La longueur jusqu'aux extrémités des accouplements automatiques est de 64 pieds 5 pouces 1/2 (à peu près : 19,40 m).

Un seul bogie est moteur : il comporte deux moteurs monophasés de 225 ch chacun.

Cette puissance permet d'effectuer des démarrages très accélérés et la prise d'une vitesse élevée, même en rampe. La voiture peut, impunément, rouler à 70 miles (110 km approximativement) à l'heure.

Poids total : 126 000 livres (57 000 kg approximativement).

Nombre de places assises : 72.

Poids mort par place assise : $\frac{57\,000}{72} = 790$ kg.

La voiture peut aussi recevoir des voyageurs debout, dans la proportion de 15 à 20. Dans ces conditions, le poids mort deviendrait de 620 kg environ.

Il faut noter aussi un lavatory assez spacieux.

On sait que les équipements monophasés sont plus lourds que les équipements continus, et il semble que la même voiture, de même puissance horaire de 460 ch, pèserait 105 000 livres environ (47 500 kg), équipée en courant continu, soit que le poids mort par place assise deviendrait : $\frac{47\,500}{72} = 650$ kg; ou bien par place quelconque : $\frac{47\,500}{92} = 515$ kg.

L'Américain n'attache d'ailleurs pas à cette question de poids mort la même importance que celle que nous y attachons.

Il faut noter concernant cette automotrice qu'aucune place n'est perdue. A l'heure actuelle, en Europe, il devient très important, pour les installations des gares, de « ramasser » en quelque sorte les voyageurs sur la longueur la plus courte possible.

Tous les appareils auxiliaires, électriques et autres, sont disposés sous le châssis : ventilateur de soufflage des moteurs (moteurs à ventilation forcée), compresseur d'air, contacteurs électriques, transformateurs, équipement du frein, etc.

Le wattman occupe une partie de la plate-forme d'avant de la voiture, qui est condamnée aux voyageurs pendant son temps d'occupation. Les appareils de contrôle et de commande sont disposés tous ensemble, dans un espace très restreint sous la fenêtre de droite.

Le frein électropneumatique Westinghouse est utilisé. Dans ce système, les valves sont manœuvrées électromagnétiquement. La rapidité d'action est notablement plus grande et, conséquemment, la distance d'arrêt plus courte.

La voiture automotrice (un bogie moteur) du « Subway », dont un schéma est montré à la figure 2 ne comporte pas de poutre centrale, mais des longerons latéraux, avec semelle de renforcement au milieu, à cause de la porte centrale.

Cette construction, très grossière cependant, se rapproche un peu des constructions européennes.

Comme le montre le schéma, la voiture est expressément disposée pour transporter les voyageurs « debout », plutôt qu'assis.

La caisse et son équipement pèsent 40 910 livres (17 850 kg).

Les bogies pèsent 36 450 livres (16 500 kg).

Au total, la voiture pèse 77 360 livres (34 250 kg).

Il y a 46 places assises et la voiture peut contenir, en plus, 116 voyageurs debout. Au total, un nombre total de 162 voyageurs peut être transporté.

Le poids total de la voiture en charge est de :

34 250 kg (poids à vide) + 10 090 (poids de 162 voyageurs) = 44 340 kg

Par place quelconque *occupée*, la voiture pèse (poids des voyageurs compris) : $\frac{44\,340\text{kg}}{162} = 275$ kg.

La voiture est pourvue de poignées rigides articulées à deux tiges longitudinales fixées au toit et placées de chaque côté du lanterneau. Ces poignées, en nombre considérable, une tous les 20 cm environ, constituent un moyen d'appui précieux et commode pour le voyageur debout. Quatre ventilateurs électriques horizontaux fixés

Digitized by Google

au toit ventillent les voyageurs. En hiver le chauffage est fait à l'électricité.

Signalons aussi la construction des châssis pour voitures, en l'occurrence des fourgons, que la Compagnie J.-G. Brill de Philadelphie effectuait en 1916 pour le « Pennsylvania Railroad ».

Le châssis comporte une poutre tubulaire centrale, composée de deux pièces double T régnant sur toute la longueur du wagon, à laquelle sont rivées de part en part des pièces embouties : 1, reliées entre elles, par des

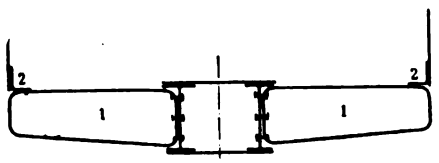


Fig. 20. — Châssis de fourgon métallique construit par la Compagnie J.-B. Brill de Philadelphie pour le Pennsylvania Railroad.

cornières, 2 ; auxquelles sont rivés les montants et les parois (fig. 20).

C'est une variante comme on le voit, dans la construction des voitures métalliques, qui se modifie encore et fait constamment des progrès.

Pour des constructions métalliques plus légères de matériel roulant tels les tramways, la Compagnie J.-B. Brill réalisait le châssis métallique embouti d'une pièce (fig. 21), d'une forme convenable pour lui donner de la raideur et un moment d'inertie transversal important, auquel étaient rivés les parois et le toit, formés d'une tôle d'une seule pièce.

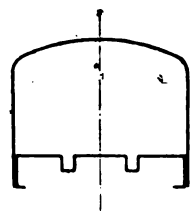


Fig. 21. — Construction des voitures métalliques de tramways légères.

Dans cet ordre d'idées, il se montre là une voie nouvelle pour la construction du matériel roulant métallique, maintenant que l'expérience a déjà parlé quelque peu, en matière de tramway.

Construction européenne. — La grande différence qu'il y a entre la construction américaine et la construction des voitures métalliques en Europe ressort de l'inspection de la figure 22. Les éléments de la construction de la caisse y sont très nettement marqués.

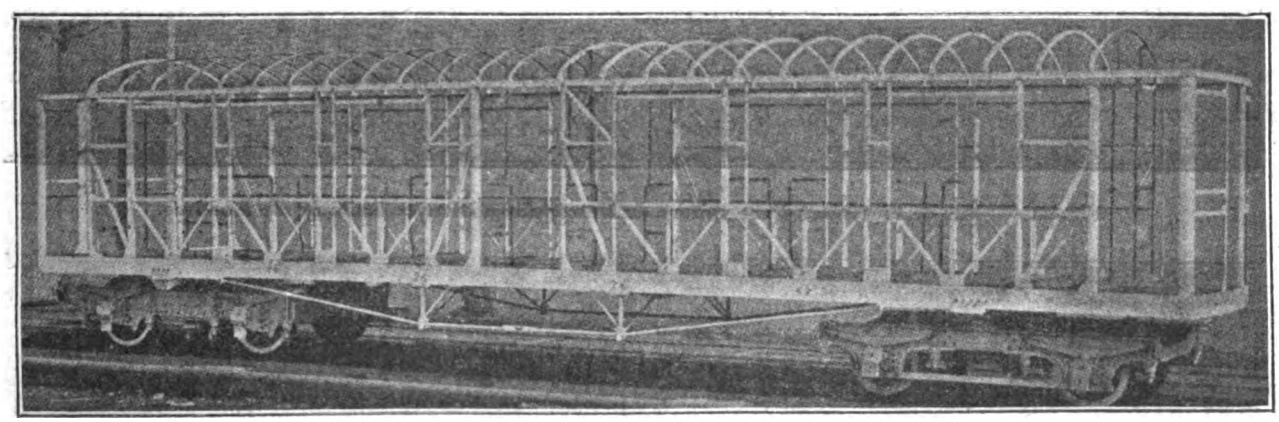


Fig. 22. — Voitures métalliques du Metropolitan District Railway de Londres.

On voit tout de suite apparaître un système d'assemblage plus précis que dans les voitures américaines, demandant beaucoup plus de parachèvement et des pièces et de main-d'œuvre.

La conception est différente aussi et conduit à considérer la réunion par des entretoises de quatre longerons, dont les deux longerons intérieurs ont surtout pour mission de supporter les efforts axiaux, tandis que les longerons extérieurs supportent principalement les efforts dus au poids de la caisse, à ses vibrations, etc., ainsi qu'au poids transporté.

En somme, la construction est plutôt inspirée de la pratique ancienne ; de même, d'ailleurs, que la construction de l'ossature de la caisse.

La figure 23 en montre la disposition intérieure.

La figure 24 représente les nouvelles automotrices métalliques du « Central London Railway ». La construction du châssis et des parois est faite dans le même ordre d'idées que celui énoncé à propos de « Metropolitan District Railway ».

La disposition intérieure est montrée à la figure 25.

Le « Lancashire and Yorkshire Railway » a également construit des voitures métalliques en 1916, pour le service électrique de la ligne « Manchester à Bury » (fig. 26).

On peut critiquer la place perdue par les contacteurs, interrupteurs et autres pièces d'équipement, qui pourraient être placées sous le châssis de la voiture.

Il y a des voitures motrices et des remorques.

Digitized by Google

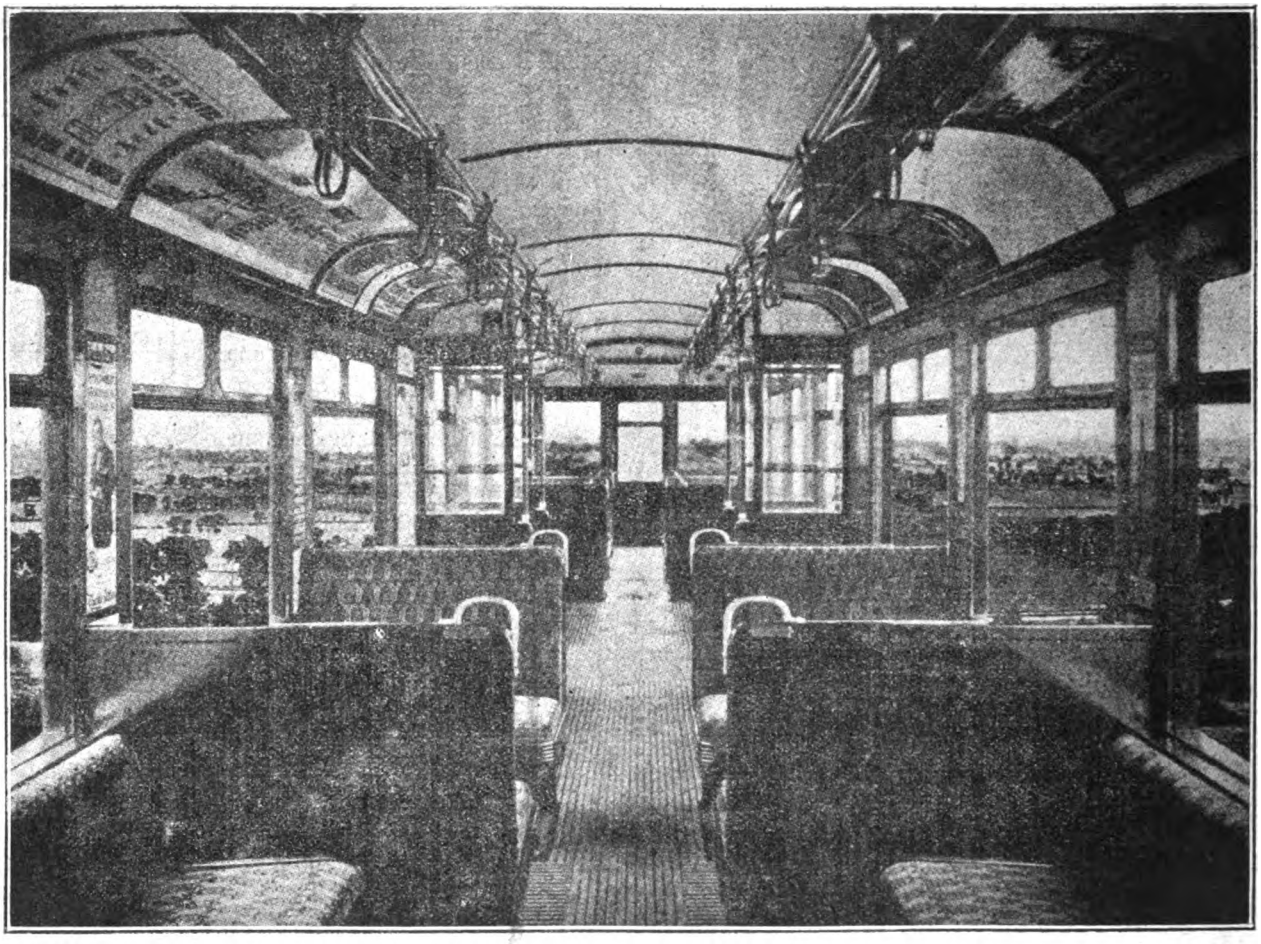


Fig. 23. — Vue de l'intérieur d'une voiture du Metropolitan District Railway de Londres.

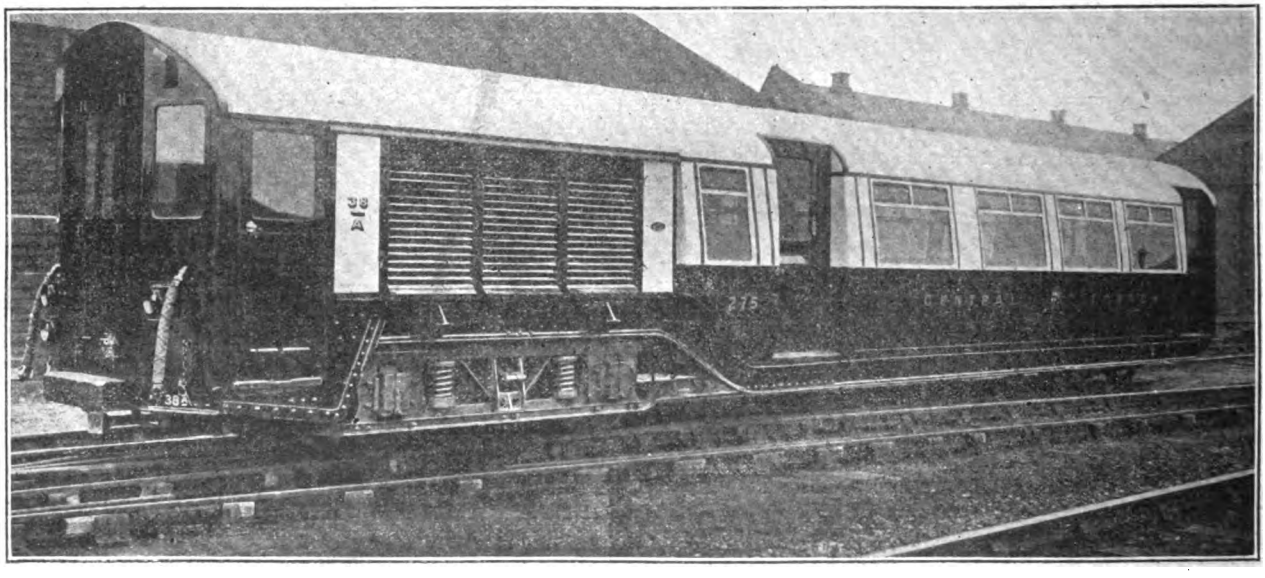


Fig. 24. — Vue extérieure des automotrices du Central London Railway.

Un train normal est composé de trois voitures automotrices et de deux voitures de remorque. Il offre 72 places de première classe et 317 places de troisième, soit au total : 389 places assises et une longueur de

Digitized by Google

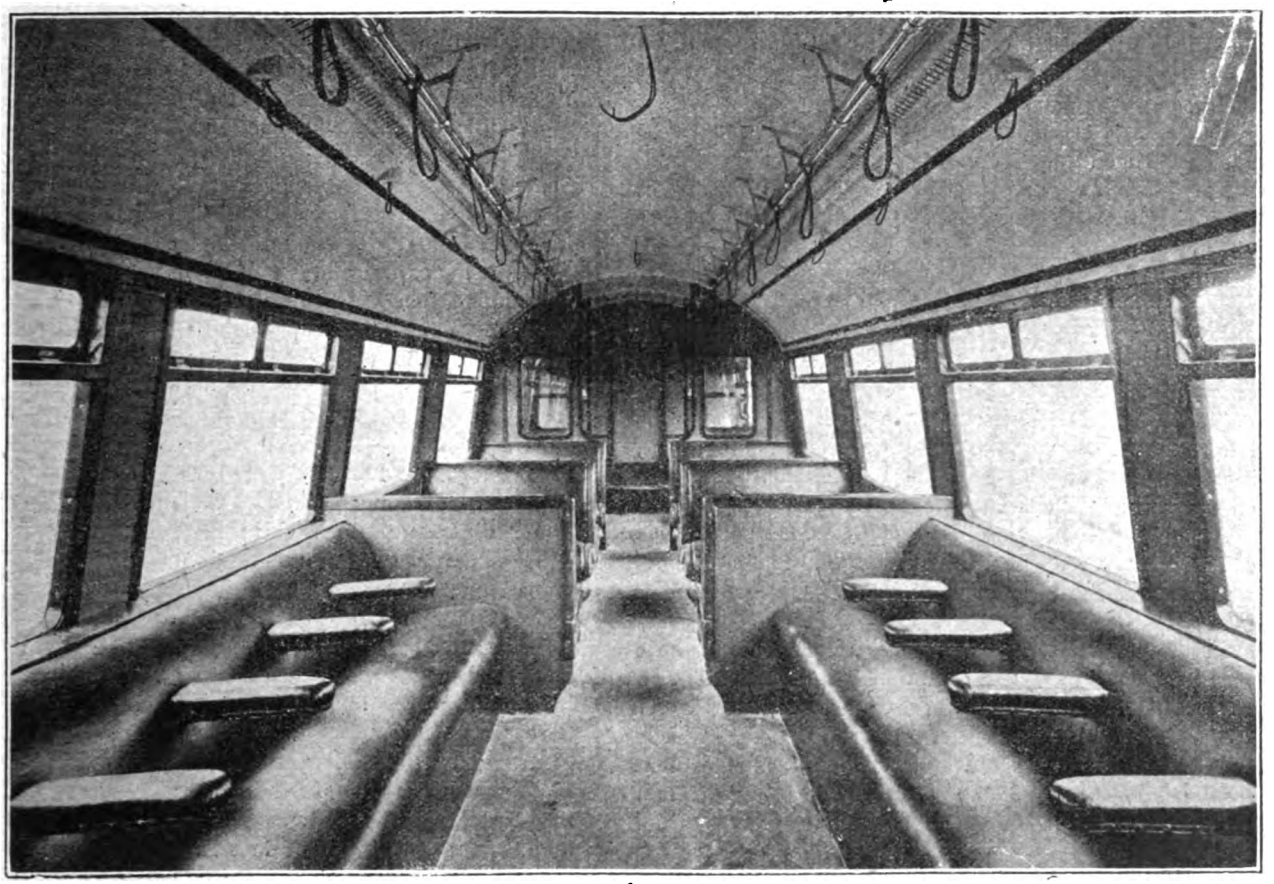


Fig. 25. — Disposition intérieure de la voiture automotrice métallique du Central London Railway.

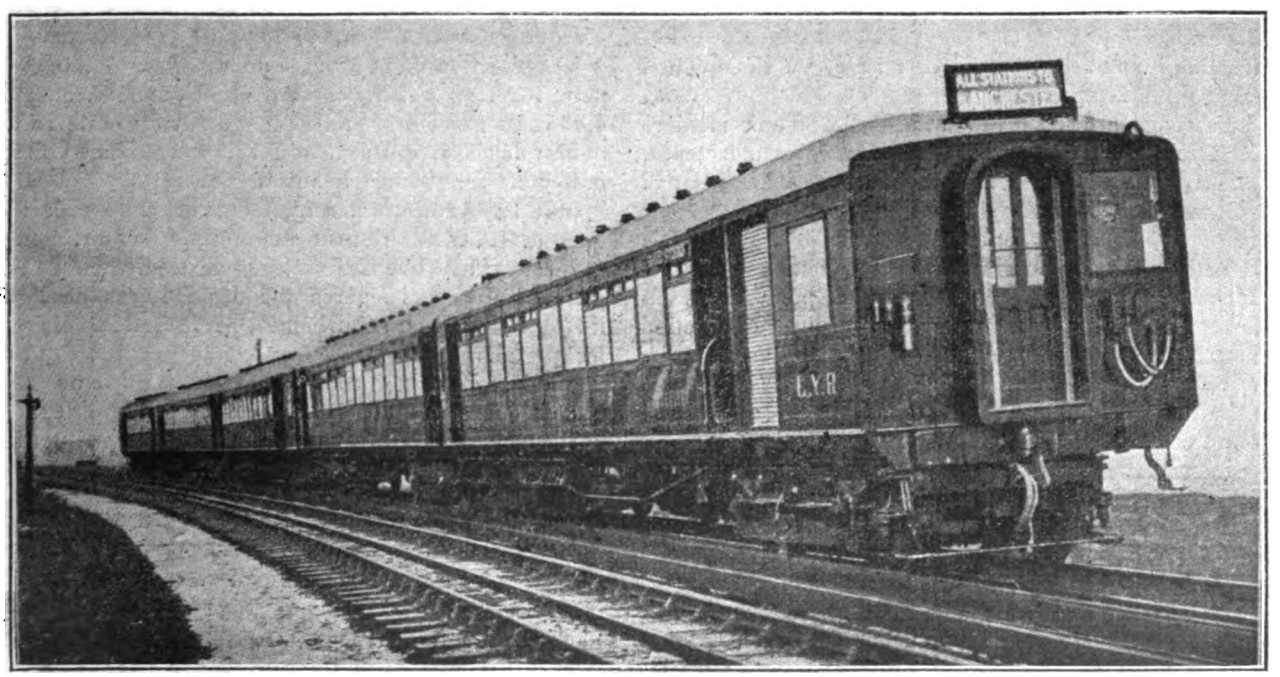


Fig. 26. — Train électrique à voitures entièrement métalliques de la ligne de Manchester à Bury.

Digitized by Google

326 pieds 3 pouces (98 m environ), c'est-à-dire qu'il y a 3,95 voyageurs par mètre courant. Ce résultat est intéressant.

Le poids total du train normal de 5 voitures est de 220 t (225 000 kg environ).

Par place assise (poids des voyageurs, bagages et personnel du train non compris le poids mort est de : $\frac{225\,000}{389} = 580$ kg.

Des voyageurs peuvent également se tenir debout.

Les dossiers des sièges sont reversibles, comme dans les trains américains, de façon à permettre le voyage dans un seul sens.

Le châssis métallique comporte deux forts longerons latéraux et une série de traverses et de poinçons; bref, il est constitué comme le sont les châssis habituellement en usage sur les chemins de fer d'Europe.

Assemblage assez compliqué et beaucoup plus précis évidemment que le genre de construction américain.

Même remarque pour le bogie, qui est formé d'éléments multiples.

Les parois n'interviennent pas non plus, dans le calcul de la résistance du châssis pour le raidir, ou coopérer à sa stabilité.

On peut admirer l'élégance de la voiture et son fini de construction et de décoration, cependant extrêmement simple. Comparée à une autre voiture américaine, quelle différence dans l'aspect extérieur!

Conclusions.

Orientation à donner à la construction métallique. — Il doit sans doute venir à l'esprit du constructeur de matériel de chemin de fer, après la lecture de ces critiques, de se demander vers quel genre de construction il convient pour lui de tendre, vu l'état actuel du progrès des choses.

La réponse ne saurait être donnée, d'une manière formelle qu'après la supputation de si nombreux facteurs, parmi lesquels il y a celui de l'élégance à donner aux voitures et de leur distribution intérieure.

Quant à la construction proprement dite du châssis et de la caisse, on aurait avantage, semble-t-il, dans beaucoup de cas, à dépenser moins pour la main-d'œuvre, qui devient chère, et à faire une construction un peu plus grossière de la caisse sans *cependant aller trop loin dans ce sens*: l'élégance a aussi ses exigences dans tout pays! Le châssis pourrait, en tous les cas, être fait à l'américaine.

La tendance pourrait être d'améliorer la conception et la construction américaine et de la rendre moins grossière même de façon à gagner de la diminution de matière, de la qualité dans les assemblages, etc., en un mot, de la *perfectionner* jusqu'à un certain point.

L'importance de la diminution du poids mort ne doit pas être exagérée cependant, comme il sera démontré plus loin.

Une autre question se pose pourtant, c'est celle de la possibilité *économique* de produire la voiture ou le wagon américain, attendu qu'ils sont basés sur l'emploi de machines très puissantes: presses, poinçonneuses, cisailles, etc. dont l'utilisation doit être assez complète pour l'économie de la construction.

Poids des voitures à voyageurs et dépenses d'exploitation. — Aux États-Unis, cette question d'importance du poids mort du matériel roulant dans ses rapports avec les dépenses d'exploitation a été suivie d'assez près. Elle a donné lieu à quelques commentaires et à des conclusions, dont il est utile, semble-t-il, de s'inspirer lorsqu'on étudie un matériel nouveau.

Les facteurs qui affectent la dépense d'exploitation et qui peuvent augmenter avec l'augmentation du poids des voitures sont notamment :

1° La puissance dépensée pour la traction;

2° Les réparations du matériel roulant;

3° Les réparations de la voie;

4° Les charges fixes de l'usine de production d'énergie électrique, etc.;

5° Les charges fixes de distribution.

Dans tous les cas, la dépense peut être figurée sous la forme d'une formule, comportant une constante et une autre quantité presque directement proportionnelle au poids de la voiture.

M. Ayres a proposé diverses formules.

Si l'on prend les facteurs suivants :

0,01 $ pour le coût de l'énergie, par kilowatt-heure;

0,75 $ pour le rendement de transmission de l'usine centrale à la voiture;

0,50 $ pour une constante qui réunit les charges financières aux frais de production d'énergie, on trouve la dépense totale de propulsion affectée par le poids de la voiture en « cents » par voiture-mile.

Dépense = 2,21 + 0,267 × poids de la voiture.

L'application de la formule de M. Ayres donne ainsi, pour les cinq rubriques considérées, une dépense de 4,88 cents par voiture-mile pour une voiture de 10 t de poids; dépense, qui s'élève à 15,56 cents par voiture-mile pour une voiture de 50 t de poids (1).

Soit 16,8 centimes par kilomètre de voiture de 10 t, et 50 centimes par kilomètre de voiture de 50 t.

Il est évident que des voitures de tramways de rues peuvent être plus légères que des voitures de lignes métropolitaines ou suburbaines, parce que la voie pour les premières est meilleure, les accessoires dont est munie la voiture sont moins pesants et les chocs ainsi que les efforts de toute espèce moins considérables.

D'autre part, la formation en train des voitures de métropolitain ou de voitures interurbaines est une cause de chocs nombreux, et les accélérations et les retardations sont plus importantes; il s'ensuit que les voitures doivent être construites en vue de résister à des efforts plus considérables.

Il faut aussi considérer que plus les arrêts sont multipliés sur une ligne, plus la consommation d'énergie et

(1) La tonne américaine vaut 907,166 kg; le cent vaut 5 centimes.

Digitized by Google

l'usure des blocs de freins, du chef du poids *excessif* de la voiture, est grande, tandis que sur la grande ligne, les arrêts et remises en marche étant moins fréquents, la différence de ce chef est très faible.

En définitive, il faut balancer l'économie réalisée dans la propulsion, par suite de la réduction du poids mort, avec la dépense supplémentaire d'entretien, en y comprenant éventuellement les charges financières de chômage, qu'entraîne cette réduction.

La limite se trouve donc là où le révèle la comptabilité *absolue* des dépenses de propulsion dans les deux cas. Une Compagnie de chemin de fer, tenant cette comptabilité-là du prix de revient, pourra aisément et en tout temps déterminer la limite.

La question de l'emploi de métaux très résistants et légers, bien que coûteux pour l'emploi des voitures, peut se poser également. Encore une fois, sachant d'après les statistiques antérieures ce qu'une voiture (un nombre de places assises donné) d'un poids donné, coûte d'une façon absolue par kilomètre de propulsion, on pourra calculer d'avance l'économie que la réduction de poids peut rapporter, tout en tenant compte des charges financières supplémentaires.

La question de la réduction du poids mort reste donc matière à juger par l'exploitant.

On a pu observer aussi, d'après les chiffres de M. Ayres, que les dépenses de propulsion croissent moins vite que les poids des voitures : 50 centimes par voiture de 50 tonnes-kilomètre (1 centime par tonne-kilomètre et 16,8 centimes par 10 tonnes-kilomètre (1,68 centime par tonne-kilomètre). Il en résulte que le bénéfice à retirer de cette réduction de poids est relativement faible; et c'est ce qui explique que bien souvent on y fasse peu attention.

On ne doit donc pas pousser les choses trop loin en pratique bien que, théoriquement, sauf la question de la stabilité en marche, le véhicule le plus léger soit le plus intéressant. Tout conduit néanmoins à rechercher pour les véhicules les matériaux les plus résistants (appropriés aux efforts spéciaux) et les meilleur marché, en même temps que de s'en servir et d'organiser la construction de la voiture de façon à les faire « travailler » le mieux possible.

Il importait de faire ces remarques pour ne pas exagérer la portée de la réduction des poids, jusqu'à tomber dans l'inconvénient des dépenses excessives d'entretien.

Puissent nos chemins de fer d'Europe s'inspirer davantage des méthodes américaines en les adaptant avec sagesse aux usages et aux nécessités économiques de nos temps!

J. CARLIER,
Ingénieur-répétiteur des chemins de fer à l'Université de Liége.

La troisième Foire de Lyon [*Suite* (1)]

Paris-Rhône. — La Société de Paris et du Rhône construit en série le petit matériel électrique : moteurs, dynamos, transformateurs, etc., pour de nombreuses applications spéciales.

Une branche importante de sa fabrication est relative aux appareils de démarrage et éclairage pour les automobiles. Les types de ces appareils qui seront mis à la disposition de la clientèle privée, sont exposés dans le stand de la Foire de Lyon.

Tout d'abord, une petite magnéto fournissant seulement l'éclairage du véhicule : c'est la solution bon marché qui met à la portée du plus modeste automobiliste la commodité de l'éclairage électrique.

Grâce au bobinage de l'induit en deux parties séparées, l'alimentation des deux phares est indépendante et la rupture accidentelle d'une lampe ne plonge pas le conducteur dans l'obscurité, car l'autre phare continue à éclairer normalement.

La solution complète du démarrage et de l'éclairage des automobiles est donnée par le « dynamoteur ». Nous avons eu, l'année dernière, l'occasion de voir cet appareil, nous le retrouvons avec son rendement massique augmenté et après avoir subi la sanction de la pratique; il a été en effet adapté sur du matériel spécial pour l'armée, et a fait ses preuves sur le front.

Laurent Couffinhal. — La maison L. Couffinhal, de Saint-Étienne, spécialisée dans la construction de l'outillage électrique portatif depuis bientôt vingt ans, exposait ses modèles les plus récents. Toutes les machines présentées sont de construction extrêmement simple, c'est dire qu'elles approchent de la perfection.

Une mention spéciale doit être faite des foreries électriques portatives groupant en un ensemble fort bien présenté les perceuses et tous accessoires qui les complètent. C'est un acheminement vers le classement méthodique et rigoureux qu'impose la loi du moindre effort au maximum de travail.

Divers dispositifs simples et réellement pratiques montrent combien la perceuse électrique se prête avec facilité aux travaux courants de l'atelier ou aux travaux de montage des pièces lourdes et encombrantes. Les supports à adhérence magnétique par exemple complètent très heureusement la foreuse proprement dite pour certaines applications.

Toute une série de meules électriques à ébarber;

(1) *R. G. E.*, nos des 16 et 23 mars 1918, p. 410 et 445.

Digitized by Google

à rectifier ou à surfacer, des machines à polir, des petites pompes rotatives, à commande électrique directe, complètent la gamme des outils électriques exposés.

A cette énumération il faut joindre les électro-aimants de levage dont la force portante peut varier de 2000 à 20000 kg. Un spécimen fonctionne dans le stand même. La maison Couffinhal a fourni, pendant ces trois dernières années, à nos principaux établissements métallurgiques tous les électro-aimants nécessaires pour l'intensification des manutentions de métal.

Enfin, signalons encore les moteurs électriques à grande variation de vitesse par pôles mobiles, dont les applications se multiplient d'année en année et qui aujourd'hui sont d'autant plus intéressantes qu'elles permettent une réalisation pratique du maximum d'utilisation de l'outil commandé.

Wagner et Cie. — Les Établissements Wagner et Cie construisent depuis plusieurs années la plupart des outils électriques de plus en plus indispensables à tous les ateliers et chantiers de construction : perceuses électriques portatives dans toutes leurs applications, appareils électriques à meuler et à rectifier, supports à adhérence magnifique, palans légers électriques, etc.

Cette maison s'est particulièrement appliquée à construire des machines de qualité et de rendement irréprochables et il n'est pas douteux que le maximum de soins dans la fabrication sera, par la suite, un facteur important en faveur de l'industrie française.

Les Établissements Wagner et Cie seront d'autant mieux placés sur le marché international, qu'ils ont déjà eu l'occasion de se mesurer avec les principaux fabricants français et étrangers d'outillage électrique, pour la fourniture aux arsenaux et établissements du ministère de la Marine ; leurs machines ont été classées premières au concours du port de Lorient en 1914, devant toutes les autres marques françaises et étrangères.

Depuis, la production de cette maison a suivi une progression constante et les nouvelles usines modernes qu'elle fait construire à Saint-Étienne font prévoir la part prépondérante qu'elle prendra au développement de l'industrie électrique française.

Maljournal et Bourron. — Comme toutes les années depuis la création de la Foire de Lyon, le stand des Établissements Maljournal et Bourron renferme, cette fois encore, une série d'appareils électriques donnant bien une idée de l'importance, de la variété et de l'excellence de la production de cette Société. Parmi ces appareils on remarque spécialement un disjoncteur tripolaire pour 55 000 v et une puissance maximum interruptible de 50 000 kv-a, ainsi qu'une cabine pour moteur triphasé de 6000 v, comportant un disjoncteur à maximum et minimum et les appareils de mesure nécessaires.

La Société des Établissements Maljournal et Bourron qui, déjà avant la guerre, tendait à prendre une situation tout à fait prépondérante dans le domaine de l'appareillage électrique, n'a cessé de continuer sa marche ascendante, malgré les nombreuses difficultés qu'elle a eu à surmonter depuis la mobilisation.

C'est ainsi qu'arrêtée par la guerre en pleine prospérité, la Société des Établissements Maljournal et Bourron songea aussitôt et avant tout, à faire, elle aussi, œuvre de patriotisme en concourant dans ses vastes ateliers à la défense nationale. Pour cela, il lui fallut réorganiser ses équipes décimées, en faisant appel au concours des anciens vétérans de l'usine et à la main-d'œuvre féminine. Au bout de peu de temps, l'on vit sortir de ses ateliers, en quelque sorte militarisés, du matériel de guerre, sous forme de fusées d'obus et d'appareillage électrique, destiné aux armées alliées, ainsi qu'à l'installation et à l'agrandissement ou l'entretien des usines de guerre.

Actuellement, l'appareillage Maljournal et Bourron se trouve en grandes quantités dans les secteurs militaires du front, dans les arsenaux, la marine, et même à bord de nos avions.

Mais, tout en consacrant pendant la guerre toute leur énergie et leur activité au salut commun, les Établissements Maljournal et Bourron n'ont pas perdu de vue la préparation de la lutte économique d'après-guerre. Les ateliers construits en 1911 ne pouvant plus suffire depuis longtemps à l'afflux des commandes, et, d'autre part, la prospérité de ses agences et dépôts d'Alger et de Barcelone avant la guerre étant un encouragement pour la Société à étendre au delà de la métropole le rayonnement de son activité, elle entreprit à Lyon-Monplaisir la construction d'une nouvelle usine qui est aujourd'hui presque achevée. Ses immenses ateliers renferment un outillage puissant et très perfectionné, pour lequel les dernières créations des spécialistes américains ont été largement mises à contribution ; leur organisation et leur distribution y sont faites d'une manière pratique et rationnelle permettant l'application des nouvelles méthodes de travail.

Enfin, toujours soucieuse des véritables intérêts de ses ouvriers, la Société des Établissements Maljournal et Bourron qui, on le sait, n'a jamais cessé de s'occuper de l'organisation de l'apprentissage et du développement des œuvres de mutualité, a prévu un aménagement vraiment modèle de la nouvelle usine, au point de vue confort et hygiène.

C'est un exemple, mis en pratique certainement par d'autres industriels de la région lyonnaise, mais qu'il serait bon de voir se généraliser dans les divers centres industriels de France, surtout dans le domaine de l'électricité.

Pétrier, Tissot et Raybaud. — Parmi les stands de la section d'Électricité, nous avons été vivement intéressé par celui de la maison Pétrier, Tissot et Raybaud, de Lyon.

Un important tableau de distribution en marbre bleu turquin fixe d'abord l'attention. Il est destiné à un laboratoire et est composé de six panneaux avec soubassements. Les principaux appareils fabriqués par cette

Digitized by Google

maison figurent sur ce tableau : interrupteurs en cuivre rouge, coupe-circuit à poignée amovible, interrupteurs à commande mécanique, disjoncteur, relais, rhéostats, etc.

Les appareils suivants méritent une mention toute spéciale : disjoncteurs type industriel, remarquables par la simplicité de leur mécanisme et par la robustesse de leur construction, deux qualités importantes exigées de ces appareils ; nouveau disjoncteur à réenclanchement empêché basé sur un principe nouveau très original ; limiteur de courant thermique pour abonnés à forfait et stations électriques, et dont le fonctionnement nous a paru parfait. Plus de 40 000 de ces appareils sont en service sur les différents réseaux français.

Le stand contenait de très intéressants échantillons d'appareillage haute tension : coupe-circuits, sectionneurs, parafoudres, selfs, limiteurs à olives, etc., jusqu'à 50 000 v ; et une série complète de coffrets de manœuvre sous boîte fonte, depuis le petit interrupteur de 25 A jusqu'au gros interrupteur de 250 A ; ces appareils étant soit simplement blindés, soit absolument hermétiques de façon à échapper aux vapeurs solides, à l'humidité, aux poussières ou aux vapeurs inflammables. Ils peuvent être établis avec ou sans boîte d'extrémité pour câbles, et avec ou sans ampèremètres blindés.

Il convient de signaler l'essort spécial pris par la maison Pétrier, Tissot et Raybaud qui fabrique tout le petit appareillage : interrupteurs, coupe-circuits, prises de courant, coupe-circuits pour colonne montante, interrupteurs sous coffret vitré, lanternes d'extérieur, etc., et qui met chaque jour au point de nouveaux modèles malgré les difficultés actuelles.

Du stand de la maison Pétrier, Tissot et Raybaud nous pénétrons dans celui d'une Société filiale, non moins intéressante de cette firme : la Société « Le Matériel Isolant ».

Le Matériel Isolant. — Ici, nous nous trouvons très à l'aise, car nous sommes dans le stand d'une industrie presque nouvelle en France, née de la guerre, organisée pendant la guerre.

Nos félicitations vont à ses initiateurs qui, au courant de toutes les difficultés rencontrées tant dans l'approvisionnement des matières premières que dans la construction des usines et des machines, n'ont pas hésité à créer l'industrie des tubes isolants pour l'électricité, qui, jusqu'à présent, avait été presque exclusivement aux mains des Allemands.

Dans l'espace de quelques mois, les fondateurs de cette industrie ont réalisé entièrement le programme fixé comportant : édification de l'usine et des cuves d'imprégnation, construction des machines à enrouler, à étirer, à couper et autres, ainsi que la mise au point complète de la fabrication.

Dans le stand, deux panneaux formant panoplie portent artistement disposés des échantillons des différents tubes isolants et accessoires nécessaires à leur pose.

Contre les parois sont dressés des faisceaux de tubes isolants recouverts de tôle plombée, d'aluminium et de laiton ; à l'examen nous constatons qu'ils sont d'excellente fabrication ; l'isolant intérieur épais est bien imprégné et l'enveloppe de métal qui le recouvre est très résistante.

L'usine du Matériel Isolant est en pleine activité et la production journalière est déjà très importante. Les administrateurs nous ont déclaré qu'ils étaient en mesure de subvenir à tous les besoins de la Défense nationale et des usines privées travaillant pour la guerre.

Calor. — Notre attention a été attirée par divers appareils de chauffage électrique, production de la firme « Calor ».

Cette société, de création récente mais qui exploite des procédés qui ont déjà fait leurs preuves, présente toute une série d'appareils de chauffage électrique dont les plus courants sont : fers à repasser de divers poids et dimensions, proportionnés aux besoins du ménage, de l'atelier, etc. ; fourneaux dont le plus petit remplace avantageusement la lampe à alcool et le plus fort permet de faire de la cuisine courante, et, enfin, chauffe-pieds et radiateur lumineux à foyer orientable tout particulièrement intéressant par sa forme et ses dispositions toutes nouvelles.

Ce qui nous a le plus frappé dans la construction de ces appareils c'est leur extrême simplicité de montage supprimant toute connexion, et, de plus, leur fini irréprochable et leur forme bien française qui retiennent l'attention de tous les visiteurs.

Patay. — Au nombre des stands intéressants de la Foire de Lyon, signalons celui de la maison de constructions électriques Patay, de Lyon, qui expose un spécimen du matériel électrique de sa fabrication : dynamos, moteurs à courants continu et alternatif, alternateurs, appareillage, applications spéciales de commandes directes de machines par moteur électrique, groupes moto-pompes, moto-ventilateurs, lapidaires, essoreuses, sirènes, etc.

Malgré la situation difficile actuelle, cette maison a réussi, par son activité et grâce au fini et à la robustesse de son matériel, à augmenter sans cesse sa production et pour faire face aux demandes de plus en plus importantes des différents services de l'armée, des gouvernements alliés et des grandes firmes métallurgiques, elle édifie actuellement une nouvelle usine, à Lyon, d'une superficie de 30 000 m² dont 6000 m couverts.

Des initiatives, comme celles de la maison Patay, nous sont un sûr garant que l'après-guerre trouvera notre pays en bonne posture pour la lutte économique qui suivra la fin des hostilités.

Julien frères et Prat. — Cette maison, fondée en 1904, eut des débuts modestes, mais, grâce à l'activité de ses dirigeants, aux soins apportés à sa fabrication, à sa spécialisation dans la construction des moteurs électriques de 1/6 à 50 ch, elle prit bientôt un développement constant et rapide.

Digitized by Google

Aujourd'hui, elle procède, à l'aide d'un outillage important et d'un personnel expérimenté, à l'usinage des moteurs en grande série dont chaque pièce est interchangeable, et englobe, de plus, dans sa fabrication, les électro-ventilateurs et les moto-pompes.

Compagnie générale des Câbles de Lyon. — Cette firme lyonnaise, anciennement Berthoud, Borel et Cie, qui a mis au point et perfectionné la fabrication des câbles isolés à la cellulose imprégnée, continue à occuper le premier rang parmi les manufactures de câbles et accessoires pour réseaux électriques souterrains.

Dans son stand, à la Foire de Lyon, on pouvait voir un certain nombre d'échantillons des câbles qu'elle a construits pour d'importants transports de force à 30 000 et 60 000 v triphasés. Elle présentait également quelques types intéressants d'accessoires de réseaux spécialement étudiés pour les installations modernes.

Établissements Luc Court. — Malgré la guerre, les Établissements Luc Court, de Lyon, ont perfectionné sans cesse l'industrie spéciale des appareils de manutention électrique; ils présentent et démontrent dans leurs stands les derniers modèles de palans électriques « Erga », dont tous les organes sont entièrement blindés et fonctionnent dans l'huile

Ces palans électriques, établis pour charge de 150 à 8000 kg, peuvent être utilisés fixes, roulants monorails ou comme chariots de ponts roulants sur double rail.

L'exposition des Établissements Luc Court est complétée par un tracteur électrique d'un modèle nouveau, bi-moteur, à voie étroite, particulièrement intéressant pour les manutentions d'usines et de chantiers.

Cette maison, pour le fini et la robustesse de sa construction, se classe au premier rang des spécialistes de la manutention.

Efgé. — La Société de fournitures générales pour l'électricité « Efgé », est, elle aussi, une nouvelle venue dans le domaine de l'appareillage électrique. L'industrie du petit appareillage électrique, que les Allemands clairvoyants avaient presque monopolisée par la modicité de leurs prix, en raison des débouchés considérables qu'ils trouvaient en notre pays, attire de plus en plus l'attention de nos constructeurs français. Il est à souhaiter qu'ils puissent, à la fin des hostilités, lutter avantageusement contre l'inévitable concurrence étrangère, et trouver la rémunération légitime de leurs efforts.

La Société « Efgé » est une des spécialistes du petit appareillage : son stand contenait toute la série des fournitures indispensables aux électriciens : douilles, interrupteurs, prises de courant, coupe-circuits, griffes, etc.

Le rayon de porcelaine : tubes isolateurs, douilles en porcelaine, etc., attirait particulièrement l'attention des visiteurs.

F. Pélissé. — La maison Pélissé, spécialisée depuis longtemps dans la construction des appareils de radiologie, présente cette année un nouvel appareil dit « contact tournant » en fonctionnement dans la plupart des formations sanitaires et hôpitaux militaires.

Cet appareil d'une grande puissance permet l'examen à l'écran, la radiographie et l'extraction sous le contrôle des rayons X des projectiles et éclats les plus petits.

D'autre part, cet appareil rend de très grands services dans l'industrie métallurgique pour l'examen de l'homogénéité de tous métaux.

En outre, cette maison fabrique les appareils de haute fréquence et tout ce qui concerne l'électricité médicale.

La Soudure électrique. — Fondée depuis plusieurs années uniquement pour la construction des machines et appareils de soudure électrique, cette maison présente une série de types correspondant à tous les genres de travaux : machine à souder par points, petite machine à souder par bout d'un modèle spécial étudié pour la fabrication de tiges de bougies; machine semi-automatique pour la soudure des boucles, munie d'un ingénieux dispositif à déclanchement pour l'estampage du bourrelet.

Elle présente également des électrodes pour la soudure à l'arc, particulièrement étudiées pour réduire au minimum les prix de revient de la soudure.

Fondée avant la guerre, cette maison a le mérite d'avoir répandu en France l'emploi de la soudure électrique, très peu connue lorsqu'elle a commencé à fabriquer ses machines, en se spécialisant étroitement et en s'appliquant toujours à perfectionner ses appareils. Elle a réussi à faire adopter ces procédés dans un très grand nombre d'industries puisqu'elle a livré, à l'heure actuelle, plus de 500 machines.

Nous voyons là une idée heureuse des progrès de l'industrie française. D'une part, des acheteurs qui n'hésitent pas à installer en grand des procédés nouveaux et, d'autre part, des constructeurs qui cherchent à concentrer leurs efforts vers les meilleurs produits aux meilleurs prix.

L'Électro-soudure. — Parmi les nouveautés les plus intéressantes de la Foire de Lyon, nous citerons les machines électriques à souder par effet Joule, du système Fargues, dont le concessionnaire est M. Foucou, de Lyon. Ces machines sont absolument automatiques, le rôle de l'ouvrier consiste seulement à serrer les pièces à souder dans leurs étaux, la machine rapproche ces pièces jusqu'au contact, établit le courant, comprime la soudure à la température en fusion, coupe le circuit et revient en place pour une nouvelle opération. Il en résulte que ces machines ne nécessitent pas d'ouvriers spéciaux et peuvent être conduites par n'importe quel manœuvre.

L'adoption de ces machines qui sont disposées pour tous les genres de soudure, fer, aciers ordinaires, aciers rapides, etc., est destinée à révolutionner toutes les industries qui, comme l'automobile par exemple, nécessitent la fabrication de nombreuses pièces métalliques de petite et de moyenne dimension.

(*A suivre.*) J. N.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Congrès général du Génie civil

C'est samedi dernier, 23 mars, que le Congrès général du Génie civil a terminé ses travaux. Le nombre de ceux-ci est trop considérable pour que nous puissions en donner dès maintenant un aperçu, si court qu'il soit. On trouvera ci-dessous le résumé d'un des rapports présentés par la section « Electricité » et dû à M. Jean Rey. Les deux autres rapports présentés à cette section, celui de M. Girardeau et celui de M. de France, seront analysés dans le prochain numéro.

TRAVAUX DE LA SECTION « ÉLECTRICITÉ »

Sur l'utilisation des forces naturelles pour la production de l'énergie électrique (1)

Les forces naturelles dont nous disposons sont, tout d'abord, les combustibles (charbon, lignite, tourbe et pétrole), et, en second lieu, les forces hydrauliques. Les autres sources d'énergie auxquelles on peut faire appel (force du vent, énergie des marées, chaleur solaire utilisée directement) ne seront qu'un appoint tant que de nouvelles découvertes n'auront pas donné le moyen de les utiliser dans des conditions vraiment économiques : leur variabilité impose, en effet, l'emploi d'accumulateurs d'énergie qui sont encore des outils d'un rendement médiocre et d'un coût de premier établissement fort élevé. Aussi M. Rey se borne-t-il à l'examen des conditions économiques générales qu'il faudrait réaliser pour appliquer plus judicieusement les combustibles et l'énergie hydraulique à la production de l'électricité.

I. — **Combustibles**. — 1° CHARBON. — D'après un rapport de M. Robert Pinot, secrétaire général du Comité des Forges de France (2), la consommation française, avant la guerre, atteignait annuellement 63 millions de tonnes de charbon, dont 40 millions de tonnes environ étaient extraites de nos houillères; le solde, soit 23 millions de tonnes, charbon et coke, d'une valeur d'environ 531 millions de francs, était importé (3).

Le tableau suivant indique la répartition de cette consommation :

	Tonnes.	Proportion pour 100.
Foyers domestiques.....	11 750 000	18,60
Métallurgie.....	11 450 000	18,10
Chemins de fer.....	11 450 000	18,10
Mines.....	4 900 000	7,75
Usines à gaz.....	4 600 000	7,27
Marine marchande.....	1 160 000	1,67
Industries diverses.....	18 000 000	28,50
	63 310 000	99,99

(1) Rapport de M. Jean Rey, président de la section VI.

(2) *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, 1917, t. II.

(3) Parmi les nombreuses études auxquelles la question du charbon a donné lieu dans ces derniers temps rappelons le rapport présenté à l'Association nationale d'Expansion économique sur « le charbon, nos besoins et les moyens d'y répondre », par C.-Robert MULLER, et dont une courte analyse a été publiée dans la *R. G. E.*, 18 août 1917, t. II, p. 242.

On peut se demander s'il ne serait pas possible de réduire quelques-unes de ces consommations, ce qui permettrait, soit de réduire nos importations, soit de reporter sur d'autres branches, telles que la production de l'électricité, les quantités de charbon ainsi libérées.

Or, si l'on considère la consommation des foyers domestiques, qui dépasse le sixième de la consommation totale, il n'est pas douteux qu'on pourrait la réduire de façon appréciable par l'extension de l'emploi du gaz pour la cuisine et par une utilisation plus développée de la marmite norvégienne. Cette dernière économise au moins 50 pour 100 du combustible et cette économie serait beaucoup plus importante s'il ne fallait pas tout d'abord allumer le fourneau pour amener les aliments à la température nécessaire et perdre ainsi du combustible qui est mal utilisé; l'emploi du gaz combiné avec la marmite norvégienne réaliserait l'économie maximum puisque la dépense de gaz n'intervient que juste le temps nécessaire au chauffage préliminaire. On peut estimer que, de ce chef, la consommation française de charbon baisserait d'au moins 4 millions de tonnes. Quant au chauffage des appartements, il y a de nombreux progrès à faire, non seulement dans les appareils, mais aussi dans la construction des maisons (1).

Par contre, il ne semble pas que l'on puisse diminuer la consommation de la métallurgie; le développement de l'exploitation de nos gisements de fer ne peut, en effet, qu'augmenter nos besoins en combustibles pour cette branche de l'industrie.

Dans les chemins de fer, les économies à réaliser peuvent être considérables. Les locomotives à vapeur les plus perfectionnées consomment 2,22 kg de charbon par cheval-heure dépensé au crochet d'attelage, tandis que les locomotives électriques du Chemin de fer du Midi produisent le même travail utile avec une consommation d'énergie électrique de 1 kw-h, laquelle n'exigerait, même en comptant une perte de 20 pour 100 pour la transmission et la transformation du courant jusqu'à la locomotive, qu'une consommation de charbon de 0,812 kg à la centrale électrique. En admettant que l'ensemble des locomotives de divers types employées sur

(1) Rappelons à ce propos l'article « Comment réaliser l'économie maximum de charbon? », par Ach. DELAMARRE. *R. G. E.*, 17 novembre 1917, t. II, p. 787.

Digitized by Google

nos réseaux dépensent en moyenne 3 kg de charbon par cheval-heure utilisé au crochet, la substitution de la traction électrique à la traction à vapeur produirait une économie d'environ 7 200 000 t de charbon, correspondant à 216 millions de francs au moins. Si, d'autre part, on tient compte qu'environ 40 pour 100 de l'énergie nécessaire aux chemins de fer électriques pourraient être fournis par des usines hydrauliques, on arrive à une économie de 8 700 000 t de charbon correspondant à 260 millions de francs.

La consommation des mines, 4 900 000 t, est d'environ 12 pour 100 de la production. C'est une proportion relativement faible qui ne permet pas d'escompter une économie, mais qui montre nettement que l'emploi de moteurs à vapeur perfectionnés comme ceux utilisés dans les exploitations minières a pour conséquence une faible consommation.

Il n'y a pas non plus d'économies à faire sur la consommation des usines à gaz ; tout ce qu'on peut espérer c'est que l'utilisation de fours à gaz modernes n'augmente pas la consommation de charbon dans la même proportion que la production de gaz.

La consommation de notre marine marchande ne représentant que le cinquantième de notre consommation totale, il ne faut pas songer à la diminuer ; il serait au contraire d'une sage politique de l'augmenter.

Il y a au contraire beaucoup à faire dans les industries diverses, qui consomment 18 000 000 t, soit 28,5 pour 100 de la consommation totale. Il résulte en effet des statistiques que la puissance globale des appareils à vapeur utilisés dans ces industries, tant pour la force motrice que pour le chauffage industriel, est de 1 600 000 ch. Si l'on admet, ce qui paraît d'ailleurs exagéré, qu'un tiers de la dépense en combustible corresponde à du chauffage, on trouve que la consommation de charbon par cheval-heure produit est d'au moins 3 kg. Or cette force motrice pourrait être produite beaucoup plus économiquement dans des usines génératrices d'électricité, et le rapporteur estime que l'on pourrait réaliser ainsi une économie de 2 à 3 millions de tonnes (1).

L'ensemble des économies de charbon que l'on pourrait effectuer sur la consommation nationale serait donc de :

Foyers domestiques.....	3 à 4	millions de tonnes.
Chemins de fer.....	7 à 8	Id.
Industries diverses.....	2 à 3	Id.
Soit, au total.....	12 à 15	millions de tonnes.

2. Lignite, tourbe, pétrole. — Le rapporteur ne fait que signaler ces combustibles qui n'ont pas, en France, une importance suffisante (1).

II. — **Forces hydrauliques.** — 1. Statistique. — Il résulte de la statistique établie par le ministre de l'Agriculture que la puissance aménagée des usines hydro-électriques atteignait en 1916, 1 456 000 ch, dont 1 238 000 ch sur les cours d'eau non navigables ni flottables et 218 000 ch sur les cours d'eau navigables et flottables. La puissance en cours d'aménagement s'élevait à 1 100 000 ch, dont 905 000 ch pour les cours d'eau de la première catégorie et 195 000 pour ceux de la seconde. La puissance totale aménagée ou en cours d'aménagement atteint donc approximativement 2 500 000 ch, soit environ 1 800 000 kw disponibles aux bornes des génératrices. En outre, il y avait en cours d'étude au ministère des Travaux publics des demandes de concession pour une puissance d'environ 862 000 ch.

Après avoir rappelé ces chiffres, le rapporteur fait remarquer qu'ils sont une preuve qu'il n'est point nécessaire de faire intervenir l'Etat ou les collectivités pour assurer l'utilisation de nos richesses hydrauliques : l'initiative privée a montré ce qu'elle était capable de faire à ce point de vue. Il fait toutefois observer que les puissances déjà utilisées ne sont encore qu'une faible fraction de notre actif national puisque, d'après M. de la Brosse, la puissance hydraulique correspondant aux débits moyens de nos cours d'eau pourrait atteindre 8 à 9 millions de chevaux.

Les capitaux investis dans les installations hydro-électriques s'élèvent, à l'heure actuelle, à environ 1 200 000 000 fr. Cette dépense correspond à 800 fr par cheval installé ; avant la guerre cette dépense était de 400 à 500 fr. Si à ces capitaux on ajoute ceux investis dans les usines thermiques d'électricité, au minimum 500 000 000 fr, en se basant sur les prix d'avant-guerre de 500 à 600 fr, par cheval, on arrive à un total qui ne doit pas être loin de 2 milliards.

2. Législation. — Dans cette partie de son rapport, M. Jean Rey, après quelques mots sur la législation française actuelle, donne une idée générale du projet de

(1) Signalons à ce propos divers articles et notes publiés dans ces colonnes et relatifs à une meilleure utilisation des combustibles dans les foyers industriels.

E. Lehoux. Les usines centrales d'électricité et les économies de combustible, *R. G. E.* 15 décembre 1917, t. II, p. 939-949.

M. Lamotte. Les foyers mécaniques, *R. G. E.*, 10 novembre 1917, t. II, p. 739-747.

E. Pierret. La distillation de la houille et l'utilisation directe au chauffage du goudron et du brai. *R. G. E.*, 12 janvier 1918, t. III, p. 61-65. La distillation du goudron et l'utilisation de ses éléments, *R. G. E.*, 23 février 1918, t. III, p. 301-303.

Projets concernant l'utilisation économique du charbon, la production et la distribution électrique en Grande-Bretagne, *R. G. E.*, 23 mars 1918, t. III, p. 427-445.

L'utilisation des gaz de fours à coke pour le chauffage des chaudières, *R. G. E.*, 13 janvier 1917, t. I, p. 69.

Moyen efficace d'économiser le charbon dans les foyers, *R. G. E.*, 22 décembre 1917, t. II, p. 994.

Utilisation des combustibles pauvres, *R. G. E.*, 13 octobre 1917, p. 589-590.

(1) Rappelons les articles et notes relatifs à l'utilisation de la tourbe et du lignite publiés dans cette Revue :

J. Vichniak. La tourbe et l'industrie électrique, *R. G. E.*, 27 janvier 1917, t. I, p. 147.

Pierre Guiet. La tourbe et l'industrie électrique, *R. G. E.*, 8, 22 et 29 décembre 1917, t. II, p. 899-906, 981-988, 1021-1029.

La mise en exploitation des tourbières, *R. G. E.*, 2 juin 1917, t. I, p. 880 ; 7 juillet 1917, t. II, p. 39.

L'exploitation des lignites en France, *R. G. E.*, 2 février 1918, t. III, p. 193-194.

Digitized by Google

loi [1] déposé le 20 juillet dernier par la Commission interparlementaire nommée à cet effet. De ces commentaires nous extrayons les passages suivants :

« Une disposition originale du projet de loi et qui est certainement la première de ce genre dans notre droit public, concerne la possibilité, pour le concessionnaire, d'hypothéquer sa concession. Comme cette concession se rapporte au domaine public et que ce dernier, jusqu'ici, n'était pas considéré, comme susceptible d'hypothèque, la disposition en question est des plus libérales, car elle apporte une solution à une des grosses difficultés des sociétés concessionnaires d'énergie hydraulique, qui ne peuvent souvent se procurer leurs capitaux qu'à des taux onéreux, étant donné que de telles entreprises ne peuvent devenir rémunératrices qu'au bout de plusieurs années.

» Pour compléter cette heureuse disposition, il conviendrait que l'État autorisât par exemple le Crédit Foncier de France à modifier ses statuts de façon à ajouter parmi les objets pour lesquels il peut faire hypothèque, l'énergie hydraulique des cours d'eau.

» Nous croyons savoir que notre grand établissement accepterait une semblable disposition qui exigerait d'ailleurs, outre la modification de ses statuts, l'établissement d'une convention entre lui et l'État, définissant la forme de pareilles hypothèques et, notamment, la quotité de la puissance qui pourrait ainsi être hypothéquée.

» En résumé, ajoute M. Rey, le nouveau projet de loi réalise la plupart des desiderata des industries qui créent ou utilisent la force hydraulique et il permettra de donner au domaine de la houille blanche le développement qu'exigent impérieusement les besoins industriels du pays.

» Notre Congrès doit donc insister, de la manière la plus vive et la plus impérieuse, pour l'adoption de ce projet par les Chambres, et cela le plus rapidement possible. Il n'est plus admissible que notre industrie, pour ses besoins de force, soit réduite à attendre pendant 10, 12 et même 15 ans, la bonne volonté du Parlement. Le dernier effort fait dans ce but, c'est-à-dire la loi votée à la Chambre des Députés en 1909, et qui a échoué au Sénat en 1913, sans que le texte amendé par la Haute Assemblée ait pu être soumis à une nouvelle approbation, nous a fait perdre déjà plus de 12 années, car ce texte n'était que le résumé de divers projets présentés antérieurement, en 1904 et 1905.

» De tels errements doivent être maintenant sévèrement jugés. Il n'est pas possible que les pouvoirs publics demandent à la collectivité française l'effort financier vraiment énorme qu'exigera la liquidation de la guerre, sans lui donner les moyens légaux de créer l'outillage et la force motrice qui lui sont indispensables pour développer au maximum le travail national. »

A la suite de cet examen de la législation française, le rapporteur dit quelques mots de la législation dans les pays étrangers : Suisse, Angleterre, Etats-Unis, Italie, Norvège, Suède et Espagne. Nous ne le suivrons pas dans cette partie de son rapport, renvoyant les lecteurs que cette question intéresse aux travaux de la section de législation du Deuxième Congrès de la Houille blanche dont un résumé a été donné dans ces colonnes [1] ainsi qu'à deux articles également publiés ici sur les législations suisse et italienne [2].

III. — **Distribution de l'électricité.** — A propos de la construction des réseaux, le rapporteur insiste sur l'importance que présente, au point de vue national, l'emploi de l'aluminium au lieu du cuivre, la France et ses colonies étant pauvres en cuivre (à l'exception peut-être du Congo) alors que notre territoire renferme les plus importantes mines de bauxite du monde.

Il insiste ensuite sur la nécessité d'installer les réseaux de manière que les usines puissent se prêter une aide mutuelle, et, en conséquence, sur celle de l'unification des fréquences et des tensions.

Il rappelle en quelques lignes la législation concernant les distributions d'électricité : loi du 15 juin 1906 [3], décrets du 17 octobre 1907, du 3 avril et du 17 mai 1908, septembre 1912, enfin décret du 30 août 1917 et règlement du 8 octobre 1917 [4].

IV. — **Résumé général et conclusions.** — « Les considérations développées dans le présent rapport ont pour but de préciser les conditions à réaliser pour une meilleure utilisation de nos forces naturelles, en vue de la production de l'énergie électrique dont il y a lieu de généraliser l'emploi dans notre pays.

» Nous avons, tout d'abord, examiné quelles étaient les économies possibles dans l'emploi du combustible minéral.

» Nous avons ensuite étudié quel pouvait être le rôle des pouvoirs publics pour faciliter l'aménagement de nos forces hydrauliques en tenant compte des efforts déjà réalisés. Nous avons reconnu que la première chose à faire était de donner une législation définitive et réellement moderne à l'industrie des forces hydrauliques.

» En dernier lieu, nous avons examiné quels étaient

[1] Projet de loi relatif à l'utilisation de l'énergie hydraulique, *R. G. E.*, 10 novembre 1917, t. II, p. 751-760.

[1] *R. G. E.*, 1er décembre 1917, t. II, Documentation, p. 173-175.

[2] G. Tochon. Le régime légal des chutes d'eau en Italie, *R. G. E.*, 13 octobre 1917, t. II, p. 593-597. — La loi fédérale suisse sur l'utilisation des forces hydrauliques, *R. G. E.*, 24 novembre 1917, t. II, p. 835-838.

Voir aussi le texte de « La nouvelle loi fédérale suisse sur l'utilisation des forces hydrauliques », *R. G. E.*, 22 septembre 1917, t. II, p. 475-480.

[3] Voir à ce sujet : P. Bougault. 1906-1916. Dix ans d'application de la loi sur les distributions d'énergie électrique, *R. G. E.*, janvier 1917, t. I, p. 33.

[4] J. de Rigney. Exploitation en régie des distributions d'énergie électrique par les communes et les syndicats de communes; commentaire du règlement d'administration publique du 8 octobre 1917, *R. G. E.*, 1er décembre 1917, t. II, p. 869-873.

Paul Bougault. Le nouveau cahier des charges type pour l'exploitation en régie d'une distribution municipale d'énergie électrique, *R. G. E.*, 8 décembre 1917, t. II, p. 911-914.

Pour le texte du décret et du règlement, voir *R. G. E.*, 24 novembre et 8 décembre 1917, t. II, p. 839 et 914.

Digitized by Google

les perfectionnements à apporter aux distributions d'électricité et, notamment, aux réseaux électriques de transport de force.

» Pour mieux résumer ces conclusions, nous les avons rédigées sous forme de délibérations dont nous proposons le vote au Congrès du Génie civil au nom de la Section d'électricité.

» Première délibération. — *Economies de charbon.* — Les économies à réaliser dans notre consommation nationale de charbon dépendent des mesures à prendre : 1° pour les usages domestiques; 2° pour les chemins de fer ; 3° pour les industries diverses.

» Le Congrès, dans le but d'économiser le charbon inutilement gaspillé, demande aux pouvoirs publics et aux industriels l'adoption des mesures suivantes :

» 1° Pour la consommation domestique :

» *a*) La généralisation de l'emploi du gaz pour la cuisine, ainsi que la transformation graduelle des usines à gaz pour la fabrication des diverses qualités de coke et l'utilisation complète des sous-produits.

» *b*) Dans les écoles primaires, la démonstration aux enfants des avantages de la marmite norvégienne avec les notions nécessaires pour sa construction et son emploi.

» 2° Pour les chemins de fer :

» *a*) La mise à l'étude immédiate, par le ministère des Travaux publics et par les compagnies de chemins de fer, de la substitution de la traction électrique à la traction à vapeur, l'énergie étant produite, soit par centrales avec turbines à vapeur, soit par usines hydro-électriques.

» *b*) L'adoption du principe de la prolongation des concessions et de la modification de la législation actuelle, dans le but de faciliter aux compagnies les moyens de se procurer les capitaux nécessaires à cette immense transformation.

» 3° Pour les industries diverses :

» La substitution de la force motrice électrique distribuée par de grands réseaux, à la force motrice produite à domicile, ou, dans le cas où la jonction est impossible, le remplacement des machines à vapeur usuelles :

» *a*) *Pour les faibles puissances*, par des moteurs à gaz pauvre ou des moteurs à huile lourde.

» *b*) *Pour les grandes puissances*, par des turbines à vapeur des modèles les plus perfectionnés.

» Deuxième délibération. — *Utilisation des gisements de combustible.* — Le Congrès constatant que la France ne possède jusqu'ici, aucun gisement pétrolifère en exploitation, demande aux pouvoirs publics de concéder, dans le plus bref délai possible, les terrains pétrolifères reconnus en Algérie, dans le but de libérer notre industrie et notre marine du tribut qu'elles paient à l'étranger pour se procurer ce précieux combustible.

» Le Congrès insiste auprès des pouvoirs publics pour que les concessions, actuellement demandées, de mines de charbon et de lignite, soient accordées dans le plus bref délai possible, à des conditions qui ne rebutent pas l'épargne nationale, et lui permettent de courir les risques que comportent toujours les entreprises minières.

» Troisième délibération. — *Forces hydrauliques.* — 1° Le Congrès, vu la nécessité impérieuse de doter notre industrie d'une loi générale réglant l'aménagement de nos forces hydro-électriques demande aux pouvoirs publics de faire voter d'urgence le projet de loi déposé au Parlement, en juillet 1917, et élaboré par une Commission extra-parlementaire, relatif à l'utilisation des forces hydrauliques.

» Le Congrès rappelle au Parlement que cette loi si importante attend, depuis plus de vingt ans, le bon plaisir de nos élus, et que, pour cette branche de notre activité nationale comme pour toutes les autres, la routine et les lenteurs de nos législateurs entraînent les conséquences les plus dommageables pour la prospérité de notre industrie et de nos finances.

» 2° Le Congrès demande aux pouvoirs publics d'accorder aux établissements de crédit hypothécaires, les autorisations nécessaires pour permettre le prêt sur hypothèque pour les chutes hydrauliques, cette modification étant accompagnée des conventions nécessaires fixant les bases et les modalités de ce genre nouveau d'hypothèque.

» Quatrième délibération. — *Distribution de l'électricité.* — 1° Le Congrès, constatant l'intérêt national qui s'attache à la jonction et à l'uniformisation de nos réseaux de distribution d'électricité, demande aux pouvoirs publics de prescrire, pour les transports nouveaux d'énergie électrique, l'emploi du courant triphasé à la fréquence de 50 p : sec, et, dans le cas d'applications spéciales nécessitant une fréquence moindre, celle de 25 p : sec.

» 2° Le Congrès recommande aux concessionnaires de transport d'énergie électrique de limiter, pour les nouvelles installations, le choix de la tension à l'un des taux qui seront indiqués par le ministère des Travaux publics, et, dans l'avenir, lorsqu'il sera question de remanier un réseau existant en modifiant sa tension, de s'arrêter à l'une des valeurs ainsi déterminées.

» 3° Le Congrès signale aux exploitants des distributions d'électricité l'intérêt capital qu'il y a, dès maintenant, à étudier et à réaliser toutes les dispositions permettant l'entr'aide des réseaux les uns par les autres.

» 4° Le Congrès, constatant l'intérêt économique qu'il y a à diminuer l'importation du cuivre consommé par notre industrie électrique, recommande aux concessionnaires des réseaux d'électricité l'emploi de l'aluminium, métal que la France peut produire en quantité illimitée.

(*A suivre.*)

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF : Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine

2e ANNÉE. TOME III. — N° 14. 6 AVRIL 1918.

Chronique. — Nécrologie : Emile Cornuault (1846-1917). — Sur la consommation de vapeur des turbines. — Comité national français de l'éclairage. — Election à l'Académie des Sciences. — Nominations dans l'ordre de la Légion d'honneur, p. 497-498.

Section scientifique et technique. — Sur la théorie de l'excitation par choc d'un circuit oscillant, par J. BETHENOD, p. 499. Revues, analyses et informations : La loi du rendement maximum, p. 507.

Section industrielle. — Corrosions provoquées par l'acide carbonique de la vapeur dans les machines motrices à vapeur, par Ch. CHOROWER, p. 509. — Application des amplificateurs à l'exploitation téléphonique, par VALENSI, p. 512. — La troisième Foire de Lyon (*suite*), p. 519.

Section économique et financière. — Congrès général du Génie civil (*suite*), p. 523. — Assemblées générales : Société norvégienne de l'azote et des forces hydro-électriques, p. 530.

Section de législation. — Le rapport de la commission chargée de la fixation des coefficients relatifs à l'impôt cédulaire sur le revenu, par Paul BOUGAULT, p. 531. — Législation, jurisprudence, réglementation. — Décret portant règlement d'administration publique sur les enquêtes, en matière de voies ferrées, d'intérêt local, p. 535 ; Décret et arrêté fixant l'organisation des services du ministère du Blocus et des Régions libérées, p. 536.

Nécrologie : Emile Cornuault (1846-1917). — En décembre dernier est mort M. Emile Cornuault, président du conseil d'Administration de la Société du « Journal des Usines à gaz », ancien président de la Société technique et du Syndicat professionnel de l'Industrie du gaz en France.

M. E. Cornuault était né en juin 1846; après de brillantes études il entra à l'École centrale des Arts et Manufactures et en sortit en 1869. Il débuta aux Hauts Fournaux de Frouard en 1874, il entra à la Société du Gaz de Marseille dont il fut secrétaire, ingénieur, puis directeur et enfin administrateur délégué, et à laquelle il rendit d'inestimables services.

EMILE CORNUAULT ((1846-1917

M. Emile Cornuault fut un des fondateurs de la Société technique du Gaz en France en 1874. Il fut secrétaire de son bureau en 1881, son vice-président en 1887 et enfin son président en 1888. C'est à ce titre qu'il présida le Congrès de l'Industrie du Gaz à l'Exposition de 1889 et organisa le Palais de l'Industrie du Gaz, dont le succès fut complet et lui valut d'être nommé membre du jury de l'Exposition. En 1890, il fut nommé vice-président rapporteur de la Commission quinquennale chargée par le gouvernement d'étudier les progrès, réalisés à cette époque, dans la fabrication du gaz. En 1891, la croix de chevalier de la Légion d'honneur lui fut décernée pour services exceptionnels rendus à la Ville de Paris.

M. Emile Cornuault était membre du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz depuis sa fondation; président de ce Syndicat de 1902 à 1905, il lui donna une impulsion remarquable et créa les premières grandes Commissions syndicales. Membre du Comité de direction et du Conseil de la Société d'Éclairage, Chauffage et Force motrice, M. Emile Cornuault présida le Comité technique qui élabora le plan général de l'usine que cette Société fit construire à Gennevillier; en 1907, il fut appelé à la vice-présidence de la Société à laquelle

Digitized by Google

il apporta son plus précieux concours. M. Emile Cornuault rendit de grands services aux industries minière et métallurgique, mais il s'occupa particulièrement de l'industrie du gaz, outre la Société du Gaz de Marseille et la Société d'Éclairage, Chauffage et Force motrice dont nous avons déjà parlé, la Société du Gaz de Paris s'assura sa précieuse collaboration. Parmi les remarquables travaux de M. Emile Cornuault, nous citerons : « Sa communication au Congrès de 1883 sur l'éclairage au gaz des wagons de chemins de fer; sa note au Congrès de 1884 sur les lampes de sûreté »; et les travaux suivants qu'il a présentés jusqu'en 1911 aux divers Congrès de l'Industrie du Gaz : « Revue des perfectionnements apportés depuis 1889 dans les appareils d'utilisation du gaz; Observations sur la question de l'adjudication publique à propos d'un avis récent de la section de l'Intérieur du Conseil d'État; Note sur l'emploi du gaz des fours à coke pour l'éclairage des villes et renseignements statistiques sur le gaz d'éclairage et de chauffage (Copenhague et Zurich); Étude comparative entre l'éclairage au gaz et l'éclairage électrique », et enfin sa conférence si documentée, faite au Congrès de Marseille sur « la distribution du gaz des fours à coke dans les villes placées à proximité de ces installations ».

M. Emile Cornuault fut un des premiers à apercevoir l'avenir de l'électricité. Il participa aux Congrès des Électriciens de 1881 et de 1883 qui ont élaboré les systèmes de mesures d'unités actuellement employés.

M. Emile Cornuault représenta plusieurs fois la France dans les expositions à l'étranger et se dépensa toujours entièrement pour assurer le triomphe de l'industrie française; à la suite de l'Exposition de Turin en 1912, le gouvernement le nomma officier de la Légion d'honneur.

L'étendue des connaissances de M. Emile Cornuault était considérable tant dans le domaine technique et administratif que dans le domaine économique et social et il était toujours prêt à en faire profiter les personnes qui venaient lui demander conseil.

Depuis le début de la guerre, M. Emile Cornuault, luttant avec une énergie admirable contre le mal qui devait l'emporter, se dépensa sans compter estimant que, pendant que les jeunes donnaient leur vie pour la France, les plus âgés avaient le droit de garder la récolte future.

C'est avec regret et admiration que nous saluons la mémoire de M. Emile Cornuault qui fut un de nos ingénieurs les plus distingués, qui contribua tant au développement de l'industrie du gaz et qui est mort sur la brèche en travaillant jusqu'à sa dernière heure pour servir son pays.

Sur la consommation de vapeur des turbines. — Au sujet du tableau publié au bas de la page 362 du numéro du 9 mars et qui donne les consommations de vapeur par kilowatt-heure des diverses turbines des groupes générateurs de l'usine de saint-Nazaire, la Compagnie Électromécanique nous adresse la lettre suivante:

Monsieur,

Nous nous permettons de vous signaler que ce tableau peut induire en erreur les lecteurs qui ne tiendraient pas compte des dates de fabrications des turbines qui y sont signalées. Si nous prenons, par exemple, notre groupe de 3 500 kw. on pourrait juger, d'après les consommations indiquées pour ce groupe, que notre système de turbine ne présente pas tous les avantages qu'il comporte en réalité, et qui ont été consacrés par la marche d'un très grand nombre d'unités et une très longue et très sévère expérience.

Ce type de machine est déjà très ancien, comme turbine, puisqu'il remonte au commencement de 1912 et tourne à 1 500 t : min au lieu des 3 000 t : min que l'on adopte couramment aujourd'hui. A cette époque, on n'adoptait ni les vitesses circonférentielles très élevées ni les hauts degrés de vide qu'on utilise couramment de nos jours.

D'ailleurs, nous ne croyons pas pouvoir mieux faire que de vous donner, à titre d'indication, les consommations de vapeur que nous obtenons couramment aujourd'hui pour un groupe de 6 000 kw, 3 000 t : min, placé exactement dans les mêmes conditions de marche que les groupes de la station centrale de Saint-Nazaire. Ces consommations sont les suivantes :

Charges en fractions de la pleine charge.	1/1	3/4	1/2.
Consommation de vapeur en kilogrammes par kilowatt-heure.....	5,45	5,70	6,15.

Comité national français de l'Éclairage. — Le Comité national français de l'Éclairage s'est réuni le jeudi 21 mars au siège social de la Société technique de l'Industrie du Gaz en France. Le but de la réunion était l'examen de la loi sur les unités de mesures votée en avril 1914 par la Chambre des députés et actuellement en discussion devant le Sénat. Le Comité a émis un vœu en faveur de l'adoption de cette loi ainsi que du décret prévu par la loi et dans lequel se trouvent définies les unités optiques : bougie décimale, lumen, phot, lux et dioptrie. Le Comité a en outre chargé ses Commissions d'examiner les propositions faites par le Comité de Nomenclature de l'Illuminating Engineering Society des Etats-Unis et, en outre, d'étudier la question d'un cahier des charges type pour l'achat de la vente des lampes à incandescence.

Election à l'Académie des Sciences. — Dans sa séance du 18 mars l'Académie a procédé à l'élection d'un membre de la Section de Mécanique, en remplacement de M. H. Leauté, décédé. A la majorité des suffrages, M. Gabriel Koenigs, professeur de Mécanique à la Faculté des Sciences et répétiteur à l'École polytechnique, a été élu.

Nominations dans l'ordre de la Légion d'honneur. — Nous apprenons la nomination au grade de chevalier de la Légion d'honneur, au titre de guerre de :

MM. Broca (Élie-André), professeur agrégé de Physique à la Faculté de Médecine, répétiteur à l'École polytechnique, membre du Comité de Rédaction de la « Revue générale de l'Électricité »;

Burton (Charles), chef du Département « Etranger » à la Compagnie égyptienne Thomson-Houston;

Cance (Albert), ingénieur des Arts et Manufactures, secrétaire de la Chambre syndicale des Constructeurs et Entrepreneurs électriciens;

Farny (Ch.), professeur à l'Université de Marseille, examinateur à l'École polytechnique, membre du Comité de Rédaction de la « Revue générale de l'Electricité ».

Laffiete (F.), sous-directeur du Laboratoire central d'Électricité, membre du Comité de Rédaction de la « Revue générale de l'Electricité ».

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur la théorie de l'excitation par choc d'un circuit oscillant (1)

L'auteur se propose d'étudier, par une analyse très simplifiée, le phénomène de l'excitation par choc d'un circuit oscillant, utilisé dans de nombreuses stations radiotélégraphiques de faible et de moyenne puissance. Les formules établies sont très simples et paraissent pouvoir être contrôlées expérimentalement.

Depuis la découverte du phénomène de l'excitation par choc, faite par Wien 1906, bien des solutions ont été proposées pour tirer le meilleur parti de ce phénomène, en vue d'engendrer des oscillations électriques faiblement amorties. Les nombreux types d'éclateurs préconisés dans ce but sont bien connus, et il est inutile de les rappeler ici ; il est toutefois à remarquer que, d'une part, tous ces éclateurs comportent généralement l'emploi de distances explosives très faibles, conformément à l'expérience initiale de Wien, et que, d'autre part, la forme des électrodes semble par contre de peu d'importance, à condition qu'elle permette un refroidissement énergique de leur surface active. Cette double constatation, qui résulte de l'expérience, constitue à peu près uniquement, jusqu'ici, la base sur laquelle s'appuyaient les techniciens radiotélégraphistes pour établir un éclateur à impulsion.

Il nous a donc paru intéressant de rechercher si, au moyen d'hypothèses simples, fondées sur les propriétés déjà connues des étincelles, il était possible d'aboutir à des formules permettant, au moins en première approximation, de préciser davantage les conditions à remplir pour réaliser un bon poste radiotélégraphique pourvu d'une émission avec antenne excitée par choc. A cet effet, suivant une marche analogue à celle adoptée par A. Heydweiller (2) pour l'étude mathématique de la décharge dans un circuit oscillant isolé, nous admettons que la caractéristique de l'étincelle est de forme

$$v = a + \frac{b}{i},$$

v et i étant la différence de potentiel et le courant, a et b désignant des constantes (pour une longueur d'étincelle donnée).

Il en résulte que l'énergie dissipée dans l'étincelle au temps final θ de la décharge est égale à

$$W_\theta = a\,(q_\theta - q_0) + b\theta, \qquad (1)$$

q_θ représentant la quantité d'électricité qui se trouve encore emmagasinée à l'instant considéré dans le condensateur, dont la charge initiale était q_0.

Supposons d'abord une décharge de très longue durée (à travers une forte résistance ohmique par exemple); si on se reporte alors aux valeurs pratiques des a et b (cf Heydweiller, *loc. cit.*) on constate que le plus souvent le second terme du second membre de l'égalité (1) est grand par rapport au premier (dont on doit naturellement considérer la valeur absolue). L'énergie dissipée dans l'éclateur pendant la décharge est alors sensiblement proportionnelle à la durée θ de cette décharge, résultat conforme aux essais de John Koch (3).

Au contraire, si θ est très petit, le premier terme est grand vis-à-vis du second; nous admettons qu'il en est ainsi dans le cas qui nous occupe, et ceci permettra, comme on le verra, de simplifier considérablement les formules.

Nous supposerons donc que l'énergie dissipée au temps t vaut

$$W = a\,(q - q_0). \qquad (1')$$

Cela admis, nous examinerons d'abord le cas de la décharge dans un circuit oscillant isolé ; bien qu'il ait été traité en détail par Heydweiller dans l'étude précitée, nous avons pensé, en effet, qu'un nouvel exposé simplifié des calculs relatifs à ce cas contribuerait considérablement à éclairer la méthode suivie dans le cas beaucoup plus complexe des deux circuits accouplés. D'ailleurs, nous généraliserons les calculs établis par Heydweiller dans le cas d'un éclateur symétrique, et nous les rendrons applicables au cas où la constante a possède deux valeurs différentes a' et a'', selon que le

(1) Nous profitons de l'occasion pour signaler aux lecteurs de la *R. G. E.* que la condition *dite* de Kaufmann, relative à la stabilité des régimes (évaluée d'après les courbes caractéristiques), a été en réalité établie géométriquement par M. A. Blondel dès 1891 (A. Blondel. Étude expérimentale sur l'arc à courants alternatifs, *La Lumière électrique*, 19 et 26 décembre 1891, t. XLII, p. 551 et 618.) Cette antériorité, malheureusement trop peu connue, nous avait échappé dans notre étude « sur les courbes caractéristiques, etc. », *La Lumière électrique*, 14 octobre 1916, t. XXXV (2e série), p. 25 et suiv.

(2) A. Heydweiller, *L'Eclairage électrique*, 26 mai 1906, t. XLVII, p. 285.

(3) *Ann. d. Phys.*, 15, 1904, p. 865.

Digitized by Google

courant passe à travers l'éclateur dans un sens ou dans l'autre.

I. — **Circuit oscillant isolé.** — Nous désignerons par :

L, le coefficient de self-induction du circuit considéré ;

C, sa capacité.

Négligeant dans une première approximation la résistance ohmique apparente du circuit, laquelle du reste ne peut jouer de rôle appréciable que si la durée de la décharge θ est longue (ce qui n'est pas ici le cas), nous pouvons écrire, comme suit, l'équation conforme au principe de la conservation de l'énergie

$$o = -a\,dq + L\frac{d^2q}{dt^2}\,dq + \frac{1}{C}\,q\,dq.$$

(Le signe — s'explique aisément par le fait que le premier terme équivaut à une perte par effet Joule dans l'éclateur.)

Mise sous la forme

$$(2) \qquad o = q + LC\frac{d^2q}{dt^2} - aC,$$

l'équation en question s'intègre avec facilité ; mais auparavant il importe de remarquer que dans l'équation (2) le terme $-aC$ ne peut être considéré comme constant qu'autant que le courant $i = \frac{dq}{dt}$ ne passe pas zéro.

Le signe de la *tension* a, de valeur absolue constante, qui représente, moyennant nos hypothèses simplificatrices, l'effet produit par la présence de l'éclateur dans le circuit envisagé, change en effet évidemment avec celui de i.

En d'autres termes, dans le cas d'un éclateur symétrique, nos hypothèses reviennent à admettre comme *caractéristique dynamique* sous courant alternatif de l'éclateur utilisé, le tracé o B P B o B' P' B' o de la figure 1 dans lequel les portions rectilignes B P et B' P' sont situées aux distances respectives $+a$ et $-a$ par rapport à l'axe des abscisses ; en comparant du reste ce tracé idéal aux tracés relevés expérimentalement, on peut constater que le premier tracé ne s'écarte pas énormément de la réalité et peut légitimement être conservé dans une première approximation (1).

(1) Voir les divers traités de télégraphie sans fil et en particulier celui de J. Zenneck, édition 1914-1915, p. 275, fig. 279. La caractéristique expérimentale fournie par cette figure se trouve dans le chapitre réservé aux générateurs à arc, mais comme le fait remarquer très justement l'auteur à la fin du chapitre en question, la distinction entre « arc » et « étincelle » est en principe purement conventionnelle : dans toute notre étude nous pourrions ainsi employer le premier terme à la place du second, sans qu'il y ait matière à la plus légère critique. Voir aussi du reste : D. Roschansky. *Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie*, 1909, B. 3, Heft 1, p. 24 et suiv.

En conséquence, l'équation (2) n'est valable, si on considère le terme $-a$ comme constant, que pendant chaque intervalle de temps durant lequel le courant i conserve un sens déterminé.

Dans le cas d'un éclateur dyssymétrique, c'est-à-dire ne possédant pas deux électrodes identiques, le phénomène est naturellement encore plus compliqué ; il semble pourtant logique d'admettre dans ce cas, en première approximation, que les droites parallèles B P et B' P' (fig. 1) ne sont plus situées à la même distance absolue

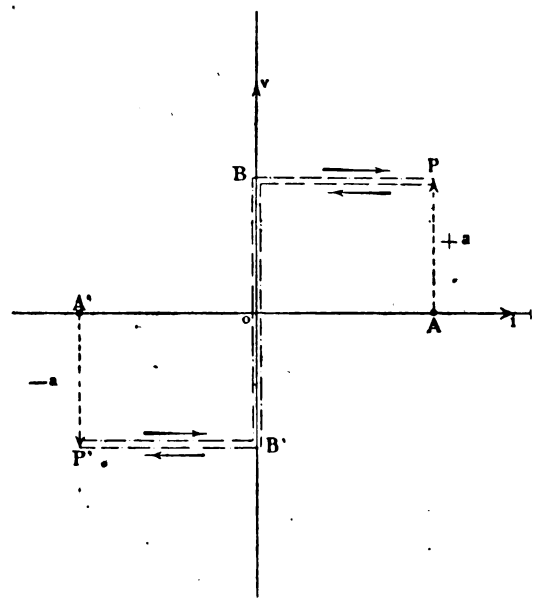


Fig. 1.

de l'axe des abscisses, mais que les distances P A et P'A ont respectivement des valeurs a' et a'' différentes l'une de l'autre. Autrement dit, l'équation (2) se scinde alors en deux égalités

$$(2') \qquad o = q + LC\frac{d^2q}{dt^2} - a'C,$$

et

$$(2'') \qquad o = q + LC\frac{d^2q}{dt^2} - a''C,$$

valables à tour de rôle, suivant le sens du courant pendant l'intervalle de temps considéré.

Considérons maintenant le début de la décharge, en remarquant que pour $t = o$ l'on doit avoir

$$q = q_0, \qquad i = o;$$

l'intégrale générale de l'équation (2') est

$$(3) \qquad q_1 = a'C + (q_0 - a'C)\cos \Omega t,$$

avec

$$\Omega^2 LC = 1,$$

solution qui satisfait aux conditions initiales ; on en

Digitized by Google

déduit immédiatement que le courant i changera de signe au temps $\frac{T}{2} = \frac{\pi}{\Omega}$, c'est-à-dire après une demi-période d'oscillation libre. La charge résiduelle sera alors

$$-q_0 + 2a'C,$$

en valeur relative.

Notons dès à présent que l'établissement de la décharge au temps $t = 0$ nécessite forcément l'inégalité

$$q_0 > a'C, \tag{4}$$

car $\frac{q_0}{C}$ n'est autre chose que la tension aux bornes du condensateur avant décharge, et cette tension doit évidemment surpasser a' pour que la décharge puisse se produire.

Cela posé, deux cas sont à considérer :

1° Cas de l'inégalité

$$q_0 < 2a'C.$$

La charge résiduelle au temps $\frac{T}{2}$ a alors *le même signe* que la charge initiale q_0 (que l'on supposera positive pour fixer les idées); pour la même raison que ci-dessus, une nouvelle décharge ne pourra se produire au temps $\frac{T}{2}$ que si l'inégalité

$$2a'C - q_0 > a'C,$$

est vérifiée, la valeur absolue de la différence de potentiel aux bornes du condensateur étant $2a' - \frac{q_0}{C}$. Or, en raison de l'inégalité (4), la dernière inégalité est impossible; donc, dans le cas présent, la décharge cesse obligatoirement après une demi-période de durée $\frac{T}{2}$.

2° Cas de l'inégalité

$$q_0 > 2a'C.$$

La charge résiduelle au temps $\frac{T}{2}$ a un *signe contraire* à celui de q_0; pour qu'une nouvelle décharge débute au temps $\frac{T}{2}$, il faut donc que la valeur absolue, $\frac{q_0}{c} - 2a'$, de la différence de potentiel aux bornes du condensateur surpasse a''

$$q_0 > (2a' + a'')\,C. \tag{4'}$$

Supposons que l'inégalité (4') soit réellement atteinte; l'on établira aisément l'expression de la décharge q_2 pendant la deuxième demi-période, en prenant $q_0 - 2a'C$ comme charge initiale dans l'équation (2''), le temps étant encore compté à partir du début de cette nouvelle alternance; on obtient de cette façon

$$q_2 = a''C + (q_0 - 2a'C - a''C)\cos\Omega t. \tag{3'}$$

Si, au contraire, l'inégalité (4') est fausse, la décharge ne peut se prolonger après la première demi-période; cette inégalité constitue donc bien la condition nécessaire et suffisante pour que la décharge continue pendant la deuxième demi-période. A la fin de celle-ci, d'après (3'), la charge résiduelle vaudrait

$$2(a' + a'')\,C - q_0,$$

et deux cas seraient encore à considérer, en calquant ce qui précède :

1° Cas de l'inégalité

$$q_0 < 2(a' + a'')\,C.$$

La condition nécessaire pour qu'une décharge se produise pendant une troisième demi-période est

$$2(a' + a') - \frac{q_0}{C} > a'',$$

ce qui est en contradiction avec (4'). Donc, dans ce cas, pas de troisième alternance.

2° Cas de l'inégalité

$$q_0 > 2(a' + a'')\,C.$$

La décharge se poursuivra pendant la troisième alternance si l'on peut écrire

$$q_0 > (3a' + 2a'')\,C, \tag{4''}$$

condition nécessaire et suffisante pour que la décharge persiste pendant cette alternance [voir ce qui a été dit à propos des inégalités (4) et (4')].

En continuant ainsi de proche en proche, l'on constatera sans peine que la décharge comportera p demi-périodes si l'inégalité

$$q_0 > (p+1)\,a'C + pa''C \tag{4^p}$$

est remplie, et que les amplitudes successives du courant de décharge sont en valeur absolue

$$\begin{cases} I_1 = \Omega\,(q_0 - a'C), \\ I_2 = \Omega\,(q_0 - 2a'C - a''C), \\ I_3 = \Omega\,(q_0 - 3a'C - 2a''C), \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ I_p = \Omega\,[q_0 - pa'C - (p-1)\,a''C]. \end{cases} \tag{5}$$

Elles décroissent donc linéairement avec le rang de l'alternance, résultat théorique conforme aux résultats expérimentaux classiques obtenus par J. Zenneck [1]. D'après ceux-ci, la courbe de variation des amplitudes

[1] *Ann. d. Phys.*, 13, 1904, p. 822.

Digitized by Google

successives en fonction du temps est en effet sensiblement rectiligne, au lieu d'être exponentielle comme dans le cas où l'on a affaire à un circuit oscillant sans éclateur, avec amortissement uniquement dû à l'effet Joule.

D'après tout ce qui précède, il est facile de conclure (avec A. Heydweiller, *loc. cit.*) que l'action de l'éclateur se traduit par l'apparition d'une force contre-électromotrice, a' ou a'', analogue à une force électromotrice de polarisation. Dans l'établissement des formules ci-dessus, on a adopté tantôt a', tantôt a'', suivant le signe des charges résiduelles considérées.

De l'inégalité (4), l'on déduit en outre que la décharge s'arrêtera spontanément à la fin de la dernière alternance dont le rang correspondra au plus petit nombre entier p capable de remplir la condition

$$q_0 - (p+1)\,a'C - p\,a''C < 0, \tag{6}$$

c'est-à-dire

$$p > \frac{q_0 - a'C}{(a' + a'')\,C}. \tag{7}$$

Naturellement, pour

$$a' = a'' = a$$

l'égalité (6) devient

$$q_0 - (2p+1)\,aC < 0, \tag{8}$$

et correspond alors au cas traité par A. Heydweiller.

Il est intéressant, pour éclaircir physiquement le sens des calculs précédents, de rechercher un schéma permettant de ramener l'étude d'un circuit oscillant avec éclateur à celle d'un système électrique ne comportant que des éléments de fonctionnement très connu.

Considérons, par exemple, le montage de la figure 2;

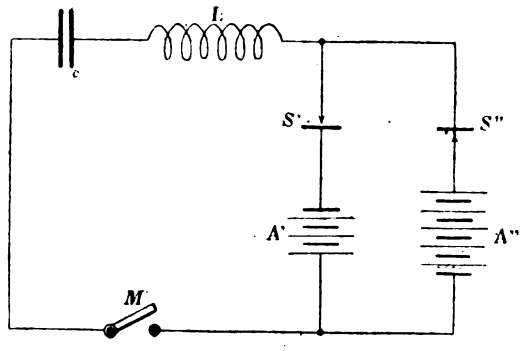


Fig. 2.

C est un condensateur chargé par un procédé quelconque, dont la décharge s'obtient en fermant l'interrupteur M. Le circuit de décharge contient non seulement une inductance L, mais il comporte deux branches dérivées, chacune composée d'une soupape S' ou S'', en série avec une batterie d'accumulateurs A' ou A''. Les soupapes S' et S'' sont disposées de façon que l'une laisse passer les alternances positives du courant de décharge, l'autre les alternances négatives.

Enfin, les forces électromotrices des batteries A' et A'' ont un sens tel que l'une et l'autre tendent à s'opposer au passage des courants respectifs que permettent les soupapes.

Dans ces conditions, la loi de la décharge du condensateur C, par fermeture de l'interrupteur M, est évidemment représentée alternativement par les équations (2') et (2''), les forces électromotrices des batteries A et A'' ayant justement pour valeurs a' et a''. La décharge s'arrêtera lorsque la tension résiduelle du condensateur C deviendra inférieure, à la fin d'une alternance, à la force électromotrice a' ou a'' qui entre en jeu à l'alternance suivante, et c'est précisément ce qu'exprime l'inégalité (6).

On peut donc admettre que la présence du système M, A', A'', S', S'' équivaut à celle d'un éclateur dans le circuit oscillant CL, et, à notre avis, cette complète analogie, qui ne nous paraît pas avoir encore été signalée, facilite beaucoup la compréhension du phénomène de l'étincelle. Il serait facile de tirer encore d'autres conclusions des formules précédentes, mais le cas du circuit oscillant avec éclateur symétrique a déjà été traité en détail par Heydweiller (cas particulier où $a' = a'' = a$) et sa discussion peut être étendue sans difficulté au cas général de l'éclateur dyssymétrique. Nous nous arrêterons donc là, à son sujet, pour aborder le cas de deux circuits oscillants accouplés, réel objet de la présente étude.

II. — **Circuits oscillants accouplés.** — Revenons à l'analogie de la figure 2, en supposant que l'inductance L exerce une certaine induction mutuelle sur un deuxième circuit oscillant ne comportant pas d'éclateur. A la fermeture de l'interrupteur M, ce circuit induit va évidemment être le siège d'un courant secondaire, et lorsque le courant primaire i_1 cessera brusquement en vertu du jeu combiné des batteries A', A'' et des soupapes S', S'', le courant secondaire en question, i_2, pourra subsister sous forme d'oscillation harmonique amortie, le circuit secondaire devenant isolé.

En réalité, avant la rupture spontanée du circuit primaire, le courant i_2 exerce une réaction, surtout avec de forts couplages, sur ce circuit, réaction dont il est nécessaire de tenir compte, si l'on veut appliquer au présent cas le mode de calcul indiqué ci-dessus. Dans ce qui suit, nous désignerons par C_1 et C_2 les capacités des circuits primaire et secondaire et par M, le coefficient d'induction mutuelle entre ces circuits.

Moyennant les hypothèses faites plus haut, et en adoptant une notation évidente d'après ce qui précède, les équations générales sont (1)

$$\begin{cases} 0 = \dfrac{1}{C_1}\,q_1 + L_1\dfrac{d^2q_1}{dt^2} + M\dfrac{d^2q_2}{dt^2} - \left|\begin{matrix} a' \\ a'' \end{matrix}\right|, \\ 0 = \dfrac{1}{C_2}\,q_2 + L_2\dfrac{d^2q_2}{dt^2} + \dfrac{d^2q_1}{dt^2}. \end{cases} \tag{9}$$

(1) En se rappelant que $i_1 = \dfrac{dq_1}{dt}$ et $i_2 = \dfrac{dq_2}{dt}$, ces équations dérivent immédiatement de la loi d'Ohm; dans la première l'on adoptera a' ou a'' suivant le sens du courant i_1 dans l'éclateur (se reporter au cas du circuit oscillant isolé).

Digitized by Google

Nous négligeons encore l'effet de la résistance ohmique apparente des circuits. Cette omission est admissible étant donné qu'il s'agit d'une théorie de première approximation, et surtout que nous admettons, a priori, l'existence du phénomène de l'impulsion. Grâce à ce phénomène, le couplage entre les deux circuits ne subsiste effectivement que pendant quelques alternances tout au plus et, par conséquent, l'effet des résistances en question est faible durant toute la durée de ce couplage ; cela admis, on obtient immédiatement, pour le système (9) les solutions

$$(10)\qquad \begin{cases} q_{1n} = A_{1n} + B'_{1n}\cos\omega' t + B''_{1n}\cos\omega'' t \\ q_{2n} = B'_{2n}\cos\omega' t + B''_{2n}\cos\omega'' t, \end{cases}$$

valables pendant toute la durée du $n^{ième}$ intervalle pendant lequel l'intensité primaire $i_{1n} = \dfrac{dq_{1n}}{dt}$ conserve un signe déterminé.

Considérons d'abord le premier intervalle qui suit le début de la décharge du condensateur C_1 ; ceci correspond à $n = 1$, mais, pour simplifier l'écriture, nous supprimerons l'indice 1 indiquant ce rang particulier.

Au temps $t = 0$, l'on doit avoir

$$(11)\qquad \begin{cases} q_0 = A_1 + B'_1 + B''_1 \\ 0 = B'_2 + B''_2, \end{cases}$$

et, d'autre part, il est évident que l'on peut écrire les relations

$$(12)\qquad \begin{cases} A_1 = a'C_1 \\ 0 = B'_2 - C_2L_2\omega'^2B'_2 - C_2M\omega'^2B'_1 \\ 0 = B''_2 - C_2L_2\omega''^2B''_2 - C_2M\omega''^2B''_1, \end{cases}$$

obtenues en portant les valeurs (10) dans le système (9).

Bien entendu, ω' et ω'' sont les racines de l'équation caractéristique (1) bien connue (k étant le coefficient de couplage) :

$$(13)\qquad (1-k^2)\,C_1C_2L_1L_2\omega^4 - (C_1L_1 + C_2L_2)\omega^2 + 1 = 0.$$

En posant

$$\Omega_1^2L_1C_1 = 1, \quad \Omega_2^2L_2C_2 = 1,$$

on obtient ainsi

$$(14)\qquad \begin{matrix}\omega'^2\\ \omega''^2\end{matrix}\Bigg\} = \frac{1}{2(1-k^2)}\left[(\Omega_1^2+\Omega_2^2) \pm \sqrt{(\Omega_1^2-\Omega_2^2)^2 + 4k^2\Omega_1^2\Omega_2^2}\right],$$

ω'^2 correspondant au signe + et ω''^2 au signe —.

(1) Comme on le sait, cette équation s'établit en éliminant q_1 par exemple entre les deux égalités (9) et leurs dérivées successives, et en cherchant une solution en e^{pjt} ($j = \sqrt{-1}$) de l'équation linéaire du quatrième ordre en q_2 ainsi obtenue. Voir d'ailleurs : *La télégraphie sans fil et les ondes électriques*, par J. Boulanger et G. Ferrié, 2e édition, 1909, p. 135.

En tenant compte de (12) et (14), l'on arrive aisément aux valeurs

$$B'_1 = \frac{q_0 - a'C_1}{2}(1+\sigma),$$

$$B''_1 = \frac{q_0 - a'C_1}{2}(1-\sigma),$$

avec

$$\sigma = \frac{\Omega_1^2 - \Omega_2^2}{\sqrt{(\Omega_1^2-\Omega_2^2)^2 + 4k^2\Omega_1^2\Omega_2^2}};$$

en outre (1)

$$B''_2 = -B'_2 = \frac{MC_2\Omega_1^2\Omega_2^2}{\sqrt{(\Omega_1^2-\Omega_2^2)^2 + 4k^2\Omega_1^2\Omega_2^2}}(q_0 - a'C_1).$$

Cherchons à quel instant θ le courant i_1 s'annule pour la première fois ; d'après ce qui précède, ceci revient à rechercher les racines θ de l'équation

$$(15)\qquad (1+\sigma)\,\omega'\sin\omega'\theta + (1-\sigma)\,\omega''\sin\omega''\theta = 0,$$

et à choisir la plus petite valeur positive.

A l'instant précis ainsi défini par cette égalité correspond, d'après (10) une charge $q_{1\theta}$ égale à

$$q_{1\theta} = a'C_1 + (q_0 - a'C_1)\frac{1+\sigma}{2}\cos\omega'\theta + (q_0 - a'C_1)\frac{1-\sigma}{2}\cos\omega''\theta.$$

Il est possible maintenant, en suivant une marche analogue à celle adoptée dans le cas d'un circuit oscillant isolé, de déterminer les conditions nécessaires et suffisantes pour que la décharge du condensateur primaire s'arrête au temps θ.

A cet instant précis, le potentiel résiduel aux bornes du condensateur C_1, a pour valeur *absolue* $\dfrac{1}{C_1}\left|q_{1\theta}\right|$ et l'intensité primaire i_1 est nulle par hypothèse [équation 14].

Supposons le problème résolu ; le courant i_1 étant ainsi brusquement arrêté, le circuit secondaire va se trouver *isolé*, et sera le siège d'un courant oscillant amorti de fréquence $\dfrac{\Omega_2}{2\pi} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}$: c'est le phénomène de l'excitation par choc ou par impulsion. Si on néglige encore l'amortissement, l'amplitude de ce courant sera donné par des conditions initiales évidentes, le temps étant compté à partir du début de cette nouvelle phase de la décharge ; on obtient ainsi

$$i_2 = X\cos\Omega_2 t + Y\sin\Omega_2 t,$$

avec

$$i_{20} = X,$$

et

$$\Omega_2 q_{20} = -Y.$$

(1) Cf. J. Boulanger et G. Ferrié, *loc. cit.* p. 137.

Digitized by Google

Cela posé, pendant tout le temps que durera encore le courant i_2, à partir de l'époque θ où le courant i_1 cesse brusquement, ce courant secondaire créera par induction une force électromotrice de fréquence $\frac{\Omega_2}{2\pi}$ dans le circuit primaire, et à chaque instant cette force électromotrice e_2 y combinera son effet à celui du potentiel résiduel dont il a été question plus haut.

D'après ce qui précède, l'on peut d'ailleurs écrire immédiatement

$$e_2 = M\frac{di_2}{dt} = M\Omega_2\,[-i_{2\theta}\sin\Omega_2 t - \Omega_2 q_{2\theta}\cos\Omega_2 t],$$

ou encore

$$e_2 = -M\Omega_2\sqrt{i^2_{2\theta} + \Omega_2^2 q^2_{2\theta}}\,\sin(\Omega_2 t + \alpha),$$

en posant

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\Omega_2 q_{2\theta}}{i_{2\theta}}.$$

Les valeurs de $i_{2\theta}$ et $q_{2\theta}$ étant faciles à évaluer au temps défini par (14), la loi de variation de la tension disponible aux bornes de l'éclateur peut aisément s'en déduire en ajoutant algébriquement la valeur instantanée de e_2 et la valeur du potentiel résiduel $\frac{1}{C_1}q_{1\theta}$.

1° Examinons d'abord le cas le plus simple et d'ailleurs le plus fréquent, où l'éclateur est symétrique ($a' = a'' = a$); la tension nécessaire pour que l'étincelle persiste serait évidemment a, si nous n'avions supposé le problème résolu, mais, puisque le courant i_1 est censé s'annuler définitivement au temps θ, à partir de cet instant, cette tension va croître de façon continue, à mesure que disparaît l'ionisation du milieu siège de l'étincelle, la valeur limite étant naturellement le potentiel explosif $\frac{1}{C_1}q_0$.

Pour que l'éclateur demeure éteint, il faut donc qu'à aucun instant à dater du temps θ, la valeur absolue de la tension disponible n'atteigne la valeur absolue de la tension nécessaire ; si on connaît la loi de variation de cette dernière en fonction du temps, à compter de la valeur a, le problème posé est donc résolu en principe. La condition est d'ailleurs suffisante, car si elle se trouve réalisée, le régime correspondant à un arrêt brusque de la décharge primaire est parfaitement admissible, donc se produit réellement.

Mais la loi de variation de la tension nécessaire à la persistance de l'étincelle, en fonction du temps, étant encore mal connue, nous ne poursuivrons le calcul, dans cette présente étude, que dans le cas où l'on peut admettre, au moins en première approximation, la constance de cette tension (qui demeure alors égale à a) pendant un intervalle de temps suffisant pour que la tension disponible puisse atteindre le maximum (1). Dans ces conditions, cette dernière ne pourra provoquer un réallumage à l'éclateur, si sa valeur maximum

$$\frac{1}{C_1}|q_{1\theta}| + M\Omega\sqrt{i^2_{2\theta} + \Omega^2_2 q^2_{2\theta}},$$

est inférieure à a.

Cette inégalité conditionnelle peut s'écrire

$$a > \frac{1}{C_1}|q_{1\theta}| + M\Omega_2\sqrt{i^2_{2\theta} + \Omega^2_2 q^2_{2\theta}}. \qquad (15)$$

Rappelons que, d'après ce qui précède, l'on a

$$q_{1\theta} = (q_0 - aC_1)\frac{MC_2\Omega_1^2\Omega_2^2}{\sqrt{(\Omega_1^2-\Omega_2^2)^2+4k^2\Omega_1^2\Omega_2^2}}(\cos\omega'\theta - \cos\omega''\theta),$$

et

$$i_{2\theta} = (q_0 - aC_1)\frac{MC_2\Omega_1^2\Omega_2^2}{\sqrt{(\Omega_1^2-\Omega_2^2)^2+4k^2\Omega_1^2\Omega_2^2}}(\omega''\sin\omega''\theta - \omega'\sin\omega'\theta).$$

Bien entendu, pour $M = 0$, la condition (15) se ramène immédiatement à la condition (6) obtenue pour le circuit isolé, dans le cas où $p = 1$, le courant i_1 s'annulant alors pour la première fois lorsque $\theta = \pi\sqrt{L_1 C_1}$.

Les deux conditions (14) et (15) déterminent donc les relations qui doivent exister entre les constantes électriques des deux circuits, leur couplage, et la constante caractérisque a de l'éclateur, pour que le phénomène de l'excitation par choc se produise dès le premier passage à zéro de l'intensité primaire (action extinctrice idéale définie par divers auteurs [1]).

Remarquons ici que l'expression précédente de $q_{1\theta}$ permet d'écrire

$$q_{1\theta} = (q_0 - aC_1)\,\varphi,$$

le facteur φ étant toujours inférieur à l'unité en valeur absolue.

En effet, d'après ce qui précède, le coefficient σ est lui-même au plus égal à l'unité en valeur absolue, et lorsqu'il varie de -1 à $+1$, φ varie *linéairement* de $\cos\omega''\theta$ à $\cos\omega'\theta$.

En outre, ce facteur φ est négatif ; on a en effet, d'après ce qui précède

$$\varphi = \frac{1+\sigma}{2}\cos\omega'\theta + \frac{1-\sigma}{2}\cos\omega''\theta,$$

de telle sorte que φ peut être considéré comme le vecteur résultant du battement des deux vecteurs $\frac{1+\sigma}{2}$ et $\frac{1-\sigma}{2}$, tournant respectivement avec les vitesses angulaires ω' et ω''. L'amplitude du vecteur φ passe par son premier maximum (en valeur absolue), à partir du temps $\theta = 0$, pour la plus petite valeur positive de θ satisfaisant à

(1) A l'aide de l'expression de $\operatorname{tg}\alpha$, on peut du reste évaluer l'intervalle de temps en question, en ayant soin de respecter les divers signes.

(1) Cf. H. Diesselhorst. *E. T. Z.*, 14 mai 1914, t. XXXIV, p. 560.

Digitized by Google

l'égalité $\frac{d\varphi}{d\theta} = 0$, et d'après les propriétés des battements, φ possède pour cette valeur spéciale θ un signe contraire à son signe initial (au temps $\theta = 0$), donc ici négatif. Or, d'après l'égalité conditionnelle (14), l'intensité primaire i_1 passe justement par zéro, pour la première fois, lorsque θ a la valeur qui vient d'être définie (1).

Cela posé, deux cas sont à considérer :

a) Supposons d'abord que dans l'expression (16) le second terme du second membre soit inférieur en valeur absolue au terme a ; on aura alors

$$|q_{1\theta}| = C_1 a - (q_0 - C_1 a)\,\varphi,$$

en mettant le signe de φ en évidence, et l'inégalité (15) deviendra

$$(q_0 - C_1 a)\,\varphi > C_1 M \Omega_2 \sqrt{i^2_{2\theta} + \Omega^2_2 q^2_{2\theta}}.$$

Comme d'après les valeurs de $i_{2\theta}$ et de $q_{2\theta}$ calculées plus haut, ces quantités sont proportionnelles à $q_0 - C_1 a$, cette dernière inégalité devient indépendante de a, c'est-à-dire de la constante caractéristique de l'étincelle ; elle peut se mettre sous la forme

$$\varphi > \psi, \tag{15'}$$

en posant

$$C_1 M \Omega_2 \sqrt{i^2_{2\theta} + \Omega^2_2 q^2_{2\theta}} = \psi\,(q_0 - C_1 a).$$

Notons cependant que le présent cas suppose

$$a > \left(\frac{q_0}{C_1} - a\right)\varphi, \tag{15''}$$

condition supplémentaire qui doit être associée à la condition (15').

b) Reste l'hypothèse suivant laquelle le second terme du second membre est supérieur, en valeur absolue, au terme a ; on obtient dans ce cas

$$|q_{1\theta}| = (q_0 - C_1 a)\,\varphi - a,$$

d'où, pour la condition (15), la forme

$$C_1 a > (q_0 - C_1 a)\,\varphi - C_1 a + C_1 M \Omega_2 \sqrt{i^2_{2\theta} + \Omega^2_2 q^2_{2\theta}},$$

ou encore, d'après ce qui a été dit plus haut à propos du dernier terme du second membre, et en posant finalement pour simplifier

$$\chi = \varphi + \psi,$$

$$2a > \left(\frac{q_0}{C_1} - a\right)\chi, \tag{15'''}$$

le facteur χ étant une fonction de θ, ω', ω'', etc... c'est-à-dire, en tenant compte de la première condition (14), étant une fonction des constantes électriques des circuits, *indépendante de la constante caractéristique a* de l'éclateur.

La condition (15''') peut se mettre sous la forme

$$a > \frac{\chi q_0}{(2 + \chi) C_1}, \tag{16}$$

et la condition (15'') sous la forme

$$a > \frac{\varphi q_0}{(1 + \varphi) C_1}.$$

Mais cette dernière condition suppose que (15') est remplie, c'est-à-dire

$$\frac{\varphi + \psi}{2 + \varphi + \psi} < \frac{\varphi}{1 + \varphi}.$$

Par conséquent, la condition (15'') est toujours plus facile à satisfaire que la condition (15') et peut être seule retenue (comparer avec le cas du circuit oscillant isolé ; en particulier, si l'on fait $M = 0$, l'on a $\psi = 0$, $\varphi = 1$, et l'inégalité (16) se ramène à l'inégalité (4') changée de signe et appliquée au cas de l'éclateur symétrique).

La condition (16) associée à l'égalité (14) définit complètement le régime correspondant à une action extinctrice idéale ; remarquons que, jusqu'ici, il n'a été fait aucune hypothèse restrictive relativement au réglage des circuits primaire et secondaire, de telle sorte que les conditions en question permettent une discussion complète du problème envisagé. Nous remettons à une date ultérieure l'exposé d'une semblable discussion, nous contentant pour l'instant d'examiner encore certains points d'ordre général.

Il est facile d'établir la formule du rendement dans le cas que nous venons d'examiner ; en effet, l'énergie qui était emmagasinée dans le condensateur C_1 était, au temps $t = 0$

$$\frac{1}{2 C_1} q_0^2,$$

et celle qui reste disponible au temps $t = \theta$ vaut

$$\frac{1}{2 C_1} q^2_{1\theta}.$$

D'autre part, d'après les équations (9), l'énergie dissipée dans l'étincelle pendant l'intervalle θ est égale à

$$a\,(q_0 - q_{1\theta}).$$

L'expression du rendement est donc (1)

$$\eta = \frac{\frac{1}{2 C_1}(q^2_0 - q^2_{1\theta}) - a\,(q_0 - q_{1\theta})}{\frac{1}{2 C_1}(q^2_0 - q^2_{1\theta})},$$

(1) On peut écrire en effet, au temps $t = \theta$:

$$i_1 = \left[\frac{dq_1}{dt}\right]_{t=\theta} = \frac{d\varphi}{d\theta} \times \text{const.}$$

(1) Bien entendu, le rendement envisagé ici est celui d'une décharge isolée, l'énergie *résiduelle* $\frac{1}{2C_1} q^2_{1\theta}$ étant considérée comme utilisable à nouveau. Il peut en être autrement dans le cas d'une succession de décharges, l'énergie des charges résiduelles étant plus ou moins dissipée en pure perte.

Digitized by Google

soit

$$\eta = 1 - \frac{2aC_1}{q_0 + q_{10}}. \qquad (17)$$

Cette formule peut être mise sous une forme intéressante, si l'on tient compte des formules (16) et suivantes, en remarquant que l'on doit envisager ici la valeur *relative* de q_{10}; on obtient ainsi, en mettant en évidence le signe de φ :

$$\eta = 1 - \frac{2aC_1}{q_0 + aC_1 - (q_0 - aC_1)\varphi}. \qquad (18)$$

[Remarquons que cette expression nécessite évidemment

$$2aC_1 < q_0 + aC_1 - (q_0 - aC_1)\varphi,$$

soit

$$\varphi < 1;$$

inégalité qui se trouve du reste toujours vérifiée, ainsi qu'on l'a vu plus haut.]

Au point de vue du rendement, il semble donc qu'il y a intérêt à réduire φ le plus possible; le rendement η tendrait ainsi vers la valeur limite

$$\frac{q_0 - aC_1}{q_0 + aC_1},$$

et la condition (16) se réduirait à

$$a > \frac{\psi q_0}{(2+\psi)C_1}.$$

Il pourrait donc sembler, a priori, que l'on a aussi intérêt à réduire ψ autant que possible pour faciliter l'action extinctrice; mais il ne faut pas oublier que l'égalité

$$\varphi = 0,$$

nécessite en tout cas $\psi > 0$ [d'après ce qui précède, l'on a toujours; en effet; $\varphi = 1$ pour $\psi = 0$].

Les diverses formules qui précèdent rendent possible dans chaque cas la recherche théorique du réglage optimum de l'excitation par choc d'un circuit oscillant déterminé. Ainsi qu'il a été dit plus haut, elles s'appliquent au cas où l'extinction de l'étincelle se produit dès le premier passage à zéro de l'intensité primaire (action extinctrice idéale). La valeur de la constante caractéristique a ne permettra pas toujours d'obtenir un fonctionnement aussi parfait de l'éclateur, et il se produira souvent un deuxième amorçage de l'étincelle, celui-ci pouvant à son tour être suivi de plusieurs réamorçages successifs. Théoriquement du moins, l'on peut, en opérant d'une façon analogue à celle adoptée dans le cas du circuit oscillant isolé, établir de proche en proche les formules valables dans chaque intervalle qui sépare deux zéros consécutifs du courant primaire; on aboutirait ainsi, évidemment, à définir encore un temps au bout duquel la décharge primaire cesserait spontanément. Naturellement, il est certain d'après ce qui précède qu'un tel arrêt, après un certain nombre de passages à zéro de ladite intensité, est généralement plus facile à réaliser que l'arrêt dès le premier passage à zéro; la pratique semble vérifier complètement cette prévision, à en juger par les oscillogrammes obtenus au moyen du tube Hess-Braun. Dans une deuxième étude, nous examinerons, d'une façon aussi détaillée que possible, comment l'on peut entreprendre l'analyse d'un tel phénomène, notablement plus complexe encore que celle de l'action extinctrice idéale et auparavant, nous exposerons les résultats auxquels nous avons été conduit par la discussion des formules établies dans le présent travail (1).

2° Passons maintenant au cas de l'éclateur dyssymétrique ($a' \neq a''$); les choses sont ici beaucoup plus compliquées que dans le cas précédent. Supposons encore, en effet, le problème résolu; la tension nécessaire pour que l'étincelle subsiste ou se rétablisse va, en raison même de la dyssymétrie, varier en fonction du temps à compter de la valeur a' suivant une loi très complexe, et sa valeur absolue dépendra notamment *du signe*, à l'instant considéré, de la tension disponible aux bornes de l'éclateur. Il en résulte que, par exemple, même avec une valeur élevée de a'', il peut se produire après une certaine pause un rallumage primaire, sous l'influence du courant secondaire, si la constante a' est faible et si l'ionisation de l'éclateur ne disparaît pas trop rapidement; dans un cas semblable, il serait donc prudent, pour être certain d'une extinction définitive, que l'on satisfasse aussi à l'inégalité (15), lorsqu'on y remplace a par a' [et non par a''].

En terminant, nous pensons qu'il n'est pas sans intérêt de faire remarquer, à ce sujet, que l'*excitation* par choc idéal ne correspond pas forcément, en réalité, au montage proposé notamment par Eisenstein, où l'on utilise dans le circuit primaire un éclateur de type quelconque (non à impulsion) et où l'on y intercale un appareil faisant office de *soupape électrique*. En admettant que celle-ci soit parfaite, c'est-à-dire capable de ne laisser passer aucun courant d'un *sens déterminé* quelle que soit la grandeur

(1) Ce mémoire était rédigé dans ses grandes lignes, en ce qui concerne le cas de l'éclateur symétrique, quand nous avons appris l'existence de la belle étude de MM. A. Blondel et F. Carbenay, parue du reste assez récemment sur les « Systèmes oscillants à amortissement discontinu (*La Lumière Electrique*, 27 novembre, 4 et 11 décembre 1915, p. 193, 217 et 241). Cette étude consacrée plus spécialement aux phénomènes d'origine *mécanique* contient notamment un chapitre relatif à la théorie des oscillations libres, dont la rédaction est sans contredit beaucoup plus claire que l'exposé fait par Heydweiller (*loc. cit.*). Il est facile de constater l'identité, aux symboles près, des formules établies par les auteurs précités, dans le cas où l'on néglige l'amortissement proportionnel à la vitesse, avec les formules que nous avons développées à propos du circuit oscillant isolé; les formules données par Heydweiller pour le calcul du nombre des demi-oscillations paraissent au contraire différer légèrement de celles publiées par MM. A. Blondel et F. Carbenay ainsi que de la nôtre.

Digitized by Google

de la tension appliquée, l'égalité (14) déterminera encore le temps au bout duquel se produira l'arrêt brusque du courant primaire, mais cette fois-ci il existera toujours une condition de non-réamorçage, telle que les inégalités (15) et dérivées.

Il faut, en effet, que la tension nécessaire pour assurer la persistance ou l'établissement d'un courant primaire, dans le sens permis par la soupape, ne descende pas au-dessous d'une certaine valeur si l'on veut que ce courant ne circule que pendant une alternance; faute de quoi, il pourra persister ou se rétablir sous l'influence de la force électromotrice induite par le courant secondaire (voir plus haut).

En d'autres termes, si on se reporte au schéma de la figure 2, le cas théorique où l'on aurait $a' = 0$ et où la branche S'' A'' serait supprimée (ce qui revient à supposer $a'' = \infty$), c'est-à-dire le cas d'une soupape électrique parfaite intercalée dans un circuit oscillant, ne donnerait pas lieu forcément à l'excitation par choc idéal et il serait nécessaire, en général, que l'effet soupape ait lieu *dans les deux sens*, sitôt la première alternance primaire terminée (1). À cet égard, l'éclateur à faible distance explosive de Wien peut résoudre pratiquement le problème, ainsi que l'on peut en juger par ce qui précède.

J. Bethenod.

Revues, analyses et informations

La loi du rendement maximum (1)

On sait qu'un transformateur branché sur un réseau à tension constante et à intensité variable a un rendement maximum à la charge pour laquelle les pertes dans le cuivre sont égales aux pertes à vide.

Dans la présente étude l'auteur généralise cette loi dont il donne une application à l'aide de deux exemples.

En principe, les pertes électriques d'une machine se divisent en deux parties :

1° Les pertes P_1 qui varient avec la tension d'induit c'est-à-dire avec la densité magnétique $\mathcal{B}$; ces pertes sont dénommées dans ce qui suit « pertes de tension ».

$$P_1 = k_1 \mathcal{B}^r ;$$

2° Les pertes P_2 dépendant de l'intensité de courant I et dénommées « pertes de courant ».

$$P_2 = k_2 I^b .$$

Soit maintenant une machine électrique devant supporter une puissance $N = EI$. Elle peut fonctionner avec une tension d'induit plus ou moins grande, c'est-à-dire avec une densité magnétique plus ou moins élevée.

Au point de vue électrique, il est indifférent que le nombre de spires varie la tension restant constante, ou que inversement, le nombre de spires restant constant, la tension varie.

La tension E et la densité magnétique $\mathcal{B}$ sont liées par l'égalité suivante :

$$E = c\mathcal{B}.$$

Les pertes de tension sont

$$P_1 = k_1 \mathcal{B}^r .$$

L'intensité du courant est donnée par l'expression

$$I = \frac{N}{E} = \frac{N}{c.\mathcal{B}}$$

A cette intensité correspond une perte

$$P_2 = k_2 I^b = k_2 \left(\frac{N}{c.\mathcal{B}}\right)^b .$$

La perte totale, somme des deux pertes élémentaires, est alors donnée par l'expression

$$P = P_1 + P_2 = k_1 \mathcal{B}^r + k_2 \left(\frac{N}{c\mathcal{B}}\right)^b ,$$

dans laquelle $\mathcal{B}$ est la variable.

La valeur minimum de P correspondra à une valeur de $\mathcal{B}$ donnée par l'équation

$$\frac{dP}{d\mathcal{B}} = 0 = a k_1 \mathcal{B}^{r-1} - b k_2 \left(\frac{N}{c\mathcal{B}}\right)^b \cdot \frac{1}{\mathcal{B}} ;$$

d'où l'on tire

$$a k_1 \mathcal{B}^r = b k_2 \left(\frac{N}{c\mathcal{B}}\right)^b$$

$$a P_1 = b P_2 .$$

Pour $a = b$, on aura

$$P_1 = P_2 .$$

C'est précisément la même condition que celle imposée par la loi que nous avons citée au début, dont l'application est également rigoureuse pour $a \neq b$.

La généralisation de cette règle répond à la question suivante :

Quel doit être le rapport entre les pertes de tension et les pertes de courant d'une machine pour lui permettre d'effectuer un certain travail pendant un temps donné avec le minimum de pertes.

La charge N ainsi donnée est une fonction du temps $N = f(t)$.

(1) Fr. Kade. *E. T. Z.*, 16 août 1917, t. XXXVIII, p. 413-414, 900 mots.

(1) On suppose naturellement que l'éclateur ordinaire monté en série avec la soupape ne peut lui-même produire l'effet en question, sans quoi la présence de cette soupape deviendrait superflue.

Digitized by Google

Pendant ce temps les pertes de tension sont

$$P_{1.t} = P_1 . t = t k_1 \mathcal{B}^2$$

et les pertes de courant

$$P_{2.t} = k_2 \left(\frac{1}{c\mathcal{B}}\right)^b \int_0^t N^b \, \mathrm{d}\, t.$$

La perte totale s'exprimera par la relation.

$$P_t = P_{1.t} + P_{2.t} = t k_1 \mathcal{B}^2 + k_2 \left(\frac{1}{c\mathcal{B}}\right)^b \int_0^t N^b \, \mathrm{d}\, t.$$

Cette perte P_t a une valeur minimum lorsque

$$\frac{\mathrm{d}P_t}{\mathrm{d}\mathcal{B}} = 0 = a t k_1 \mathcal{B}^{2-1} - b k_2 \left(\frac{1}{c\mathcal{B}}\right)^b \int_0^t N^b . \mathrm{d}\, t,$$

c'est-à-dire lorsque

$$a . P_{1.t} = b . P_{2.t}.$$

Lorsque $a = b$, on a de nouveau la condition

$$P_{1.t} = P_{2.t}.$$

En résumé, une machine électrique effectue un certain travail avec le maximum d'effet utile lorsque, pendant ce temps, la perte de travail résultant des pertes de tension est égale à la perte de travail correspondant à la perte de courant.

Cette règle permet de déterminer d'une façon simple le rapport qui doit exister entre les pertes P_1, P_2 lorsqu'un programme de travail déterminé est établi.

Les deux exemples ci-dessous montreront la manière de conduire les calculs.

Exemple I. — La charge d'un transformateur variera dans les conditions suivante :

DIMANCHE :

	Pour 100 de la charge normale.
De 0 h à 5 h.....	10
De 5 h à 19 h..	0
De 19 h à 24 h.....	130

(sans être mis hors circuit.

JOURS OUVRABLES :

De 0 h à 6 h.....	10
De 6 h à 12 h.....	100
De 12 h à 13 h.....	10
De 13 h à 18 h.....	100
De 18 h à 19 h.....	20
De 19 h à 23 h.....	80
De 23 h à 24 h.....	10

Les pertes du transformateur sont données par la table suivante dans laquelle on a posé $b = 2$.

DIMANCHE :

Durée heures.	Charge pour 100.	$\frac{P_1}{P_{1\,\mathrm{norm.}}}$	$\frac{P_2}{P_{2\,\mathrm{norm.}}}$	$P_1.h$	$P_2.h$
14	0	1	0,00	14	0,00
5	10	1	0,01	5	0,05
5	130	1	1,69	5	8,45
24				$24\,P_{1\,\mathrm{norm.}}$	$8{,}50\,P_{2\,\mathrm{norm.}}$

JOURS OUVRABLES :

Durée heures.	Charge pour 100.	$\frac{P_1}{P_{1\,\mathrm{norm.}}}$	$\frac{P_2}{P_{2\,\mathrm{norm.}}}$	$P_1.h$	$P_2.h$
8	10	1	0,01	8	0,08
1	20	1	0,04	1	0,04
4	80	1	0,64	4	2,56
11	100	1	1,00	11	11
24				$24\,P_{1\,\mathrm{norm.}}$	$13{,}68\,P_{2\,\mathrm{norm.}}$

Pendant une semaine complète des pertes totales s'élèvent donc à

$$P_t = P_{1t} + P_{2t} = 168\,P_{1\,\mathrm{norm.}} + (8{,}5 + 6 \times 13{,}68)\,P_{2\,\mathrm{norm.}}$$
$$= 168\,P_{1\,\mathrm{norm.}} + 90{,}58\,P_{2\,\mathrm{norm.}}$$

Lorsque $a = b$, on doit donc alors choisir

$$P_{1\,\mathrm{norm.}} = \frac{90{,}58}{168}\,P_{2\,\mathrm{norm.}} = 0{,}54\,P_{2\,\mathrm{norm.}}$$

Pour $a = 1{,}7$, $b = 2$, ce rapport doit être choisi égal à

$$P_{1\,\mathrm{norm.}} = \frac{2}{1{,}7} \times 0{,}54\,P_{2\,\mathrm{norm.}} = 0{,}635\,P_{2\,\mathrm{norm.}}$$

Exemple II. — Soit un transformateur devant fonctionner pendant quarante-deux semaines par an d'après le plan suivant

10 h à 0 pour 100 de la charge normale
10 h à 10 pour 100 Id.
4 h à 40 pour 100 Id.

et pendant les dix autres semaines

12 h à 200 pour 100 de la charge normale
8 h à 0 pour 100 Id.
4 h à 60 pour 100 Id.

Les pertes de l'année sont alors les suivantes ($b = a$)

Durée heures.	Charge pour 100.	$\frac{P_1}{P_{1\,\mathrm{norm.}}}$	$\frac{P_2}{P_{2\,\mathrm{norm.}}}$	$P_1.h$	$P_2.h$
10	0	1	0,00	10	0,00
10	10	1	0,01	10	0,10
4	40	1	0,16	4	0,64
42 semaines par an :				$24\,P_{1\,\mathrm{norm.}} + 0{,}74\,P_{2\,\mathrm{norm.}}$	

Durée heures.	Charge pour 100.	$\frac{P_1}{P_{1\,\mathrm{norm.}}}$	$\frac{L_2}{P_{2\,\mathrm{norm.}}}$	$P_1.h$	$P_2.h$
12	200	1	4	12	48
8	0	1	0	8	0
4	60	1	0,36	4	1,44
10 semaines par an :				$24\,P_{1\,\mathrm{norm.}} + 49{,}44\,P_{2\,\mathrm{norm.}}$	

Perte totale

$$52 \times 7 \times 24\,P_{1\,\mathrm{norm.}} + (42 \times 0{,}74 + 10 \times 49{,}44)\,P_{2\,\mathrm{norm.}}$$
$$= 7 \times 1248\,P_{1\,\mathrm{norm.}} + 7 \times 525{,}48\,P_{2\,\mathrm{norm.}}$$

Lorsque $a = b$, le rendement est maximum à la condition suivante :

$$P_{1\,\mathrm{norm.}} = \frac{525{,}48}{1248}\,P_{2\,\mathrm{norm.}} = 0{,}421\,P_{2\,\mathrm{norm.}}$$

Pour $a = 1{,}7$, $b = 2$, la condition la plus favorable sera

$$P_{1\,\mathrm{norm.}} = \frac{2}{1{,}7} \times 0{,}421\,P_{2\,\mathrm{norm.}} = 0{,}496\,P_{2\,\mathrm{norm.}}$$

P. G.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Corrosions provoquées par l'acide carbonique de la vapeur dans les machines motrices à vapeur

A la suite de nombreuses et minutieuses analyses chimiques de la vapeur, M. Ch. Chorower s'est trouvé amené à attribuer les corrosions des chaudières et des machines à vapeur à l'action sur le métal de l'acide carbonique contenu dans la vapeur et provenant de la dissociation des carbonates acides renfermés dans l'eau d'alimentation. Dans un article publié antérieurement dans ces colonnes, 17 novembre 1917, p. 775-779, M. Chorower a résumé les résultats des essais définitifs qui l'avaient conduit à cette explication des corrosions. Dans l'article ci-dessous se trouvent indiqués les résultats d'essais ultérieurs qui la confirment.

I. — **Conduite des essais.** — Les détails sur la conduite des essais ont été déjà exposés dans mon étude sur la vapeur publiée dans cette Revue (1).

On prélève la vapeur dans une bombe hermétiquement fermée, pourvue d'une certaine quantité d'hydroxyde de baryum. Le dosage de l'acide carbonique s'effectue ensuite par le titrage à un acide normal en présence de phénolphtaléine.

On n'obtient des résultats valables qu'en observant strictement les conditions suivantes :

1° On doit travailler toujours dans les mêmes conditions physiques et chimiques ;

2° Le tuyau accessoire de la prise ne doit pas avoir une surface exagérée : 1,5 à 2 m × 10 mm suffit ;

3° La même quantité de baryte doit être employée pour chaque essai ;

4° La durée du prélèvement doit être toujours la même : 5 minutes (2) ;

5° Le filtre à coton dont la bombe est pourvue doit être renouvelé sans faute avant chaque essai ;

6° La vapeur passant sur le filtre à coton doit être titrée immédiatement à chaud, elle ne doit subir aucune autre filtration (par papier-filtre) dans le laboratoire.

II. — **Différence entre la vapeur à l'entrée et à la sortie de la turbine.** — Dans mon étude mentionnée sur la dissociation de la vapeur, j'ai montré qu'une certaine quantité de l'acide carbonique portée avec la vapeur reste dans les chaudières, se combinant avec le métal de celle-ci. Dans notre installation (3) la vapeur entre dans la turbine avec 46 à 48 mg et plus d'acide carbonique. Comme conséquence directe et logique de cette teneur en acide carbonique découlait la déduction que cette vapeur ne peut pas traverser la turbine sans exercer sur le métal dont elle est formée une notable influence chimique.

Si donc *la quantité de l'acide carbonique contenue dans la vapeur*, AVANT L'ENTRÉE *dans la turbine est* SUPÉRIEURE *à celle de la vapeur* A LA SORTIE, *l'effet corrosif de l'acide carbonique sera prouvé sans objection.*

J'ai établi à cette fin des essais comparatifs avec la vapeur à l'entrée de la turbine n° 5 et à la sortie de la turbine n° 1.

Pour le prélèvement de la vapeur nous avons divisé la turbine en trois sections.

Les essais auxquels se rapportent les deux tableaux suivants (p. 510), furent effectués avec la vapeur prélevée à la troisième section de la turbine n° 1.

Il résulte que la teneur moyenne en acide carbonique dans la vapeur *à l'entrée* de la turbine est de 49,27 mg et celle *à la sortie* de la turbine est de 39,68 mg par litre.

Évidemment les 9,59 mg de différence sont entrés en combinaison avec le métal de la machine. Par ces essais est donc fournie *la meilleure preuve que les corrosions des aubes se produisent en premier lieu par l'acide carbonique contenu dans la vapeur.*

Mais ce qui est encore plus intéressant, c'est la différence qu'on observe entre la teneur en acide carbonique de la vapeur prélevée aux différents endroits de la turbine même.

III. — **Teneur en acide carbonique en différents endroits de la turbine même.** — Si une différence existe, comme on l'a constaté ci-dessus, entre la teneur en acide carbonique de la vapeur à l'entrée et celle à la sortie de la turbine, on devrait également trouver des différences en prélevant la vapeur dans différents endroits de la turbine même.

(1) *Revue générale de l'Electricité*. 17 novembre 1917, t. II, p. 775-779..

(2) Cette durée de prélèvements (5 minutes) doit être augmentée et portée à dix minutes dans les essais comparatifs et parallèles, effectués sur la turbine même.

(3) Centrale électrique du Tage, de Lisbonne.

Digitized by Google

TABLEAU I. — *Acide carbonique à la* SORTIE (*troisième section*) *de la turbine.*

Durée de prélèvement : 5 minutes.
Filtrage effectué avec 200 cm³ d'eau de condensation.
25 cm³ de baryte employée équivalent à 24,6 cm³ $\frac{n}{10}$.

ESSAIS N°	MOIS	JOUR	HEURE	ALCALINITÉ EXPRIMÉE EN CM³ pour 200 cm³ d'eau de condensation	ALCALINITÉ EXPRIMÉE EN CM³ pour 1 000 cm³ d'eau de condensation	EAU DE CONDENSATION en cm³ obtenue dans la bombe	$Ba(OH)^2$ $\frac{n}{10}$ en cm³ employée pour 1 litre d'eau de condensation	ACIDE CARBONIQUE $\frac{n}{10}$ (CO^2) en cm³ contenu dans 1 litre d'eau de condensation	ACIDE CARBONIQUE (CO^2) en milligrammes contenu dans 1 litre d'eau de condensation
1	mars	2	10 1/4	7,8	39	435	56,5	17,5	38,50
2			10 3/4	7,6	38	440	55,9	17,9	39,38
3		4	11 1/4	8,0	40	420	58,5	18,5	40,70
4			11 3/4	7,8	39	430	57,2	18,2	40,04
5		7	14 1/2	8,2	41	420	58,5	17,5	38,50
6			15	7,8	39	430	57,2	18,2	40,04
7		9	17	8,4	42	410	60,0	18,0	39,60
8			18	8,6	43	400	61,5	18,5	40,70
						Moyenne.....			39,68

TABLEAU II. — *Acide carbonique à* L'ENTRÉE *de la turbine.*
(Essais parallèles avec les précédents.)
Mêmes manipulations que dans les essais précédents.

ESSAIS N°	MOIS	JOUR	HEURE	ALCALINITÉ EXPRIMÉE EN CM³ pour 200 cm³ d'eau de condensation	ALCALINITÉ EXPRIMÉE EN CM³ pour 1 000 cm³ d'eau de condensation	EAU DE CONDENSATION en cm³ obtenue dans la bombe	$Ba(OH)^2$ $\frac{n}{10}$ en cm³ employée pour 1 litre d'eau de condensation	ACIDE CARBONIQUE $\frac{n}{10}$ (CO^2) en cm³ contenu dans 1 litre d'eau de condensation	ACIDE CARBONIQUE (CO^2) en milligrammes contenu dans 1 litre d'eau de condensation
1	mars	2	10 1/2	5,6	28	490	50,2	22,2	48,84
2			11	7,2	36	420	58,5	22,5	49,50
3		4	11 1/2	7,0	35	430	57,2	22,2	48,84
4			12	7,8	39	400	61,5	22,5	49,50
5		7	15	7,2	36	420	58,5	22,5	49,50
6			16	7,1	35,5	425	57,8	22,3	49,66
7		9	17 1/2	7,0	35	430	57,2	22,2	48,84
8			18 1/2	7,2	36	420	58,5	22,5	49,50
						Moyenne.....			49,27

Afin d'étudier cette question, j'ai effectué alternativement des essais avec la vapeur prélevée au milieu et au tiers de la turbine n° 1.

Ces essais m'ont fourni des résultats intéressants, qui en même temps confirment complètement ma conviction sur la corrosion des aubes des turbines par l'acide carbonique contenu dans la vapeur, ce qui découle du tableau suivant :

La teneur moyenne en acide carbonique dans la vapeur prélevée au tiers de la turbine est de 45,97 mg, et celle prélevée au milieu est de 32,39 mg par litre d'eau de condensation.

La différence de la teneur en acide carbonique est donc de 13,50 mg.

Un autre cas dans les essais effectués au mois de mars, avec un prélèvement de cinq minutes au tiers et de huit à dix minutes à la moitié de la turbine, m'a donné une différence de 36,66 — 28,53 = 8,13 mg, et quelquefois au-dessous.

Comme je l'attendais, la vapeur prélevée au milieu contient toujours moins d'acide carbonique que celle prélevée au tiers. En formulant ce phénomène on dira :

La teneur en acide carbonique est fonction de l'endroit de prélèvement.

Digitized by Google

TABLEAU III. — *Acide carbonique en différents endroits de la turbine.*

25 cm³ de baryte employée équivalent à 22,4 cm³ $\frac{n}{10}$.

Filtrage effectué avec 200 resp. 50 cm³ d'eau de condensation.
Durée de prélèvement : 10 minutes.

ESSAIS N°	MOIS	JOUR	HEURE	ALCALINITÉ EXPRIMÉE EN cm³ pour 200 cm³ d'eau de condensation	ALCALINITÉ EXPRIMÉE EN cm³ pour 1 000 cm³ d'eau de condensation	EAU DE CONDENSATION obtenue dans la bombe	$Ba(OH)^2 = \frac{n}{10}$ employée pour 1 litre d'eau de condensation	ACIDE CARBONIQUE $= \frac{n}{10}$ (CO^2) en cm³ contenu dans 1 litre d'eau de condensation	ACIDE CARBONIQUE (CO^2) en milligr. contenu dans 1 litre d'eau de condensation	ENDROIT du prélèvement	CHARGE EN kW observée à la turbine pendant le prélèvement
1	juillet	29	11 1/2	8,0	40	365	61,3	21,3	47,06	tiers	1 900
2			12 1/2	22,0	110	180	124	14	30,80	moitié	
3			1 10	8,7	43,5	360	64	20,5	45,10	tiers	900
4			1 1/2	46,8	234	90	248,8	14,8	32,56	moitié	
5	août	2	2 1/2	5,4	27	470	47,6	29,6	45,32	tiers	700
6			3 20	22,0	110	180	124,4	14,4	31,68	moitié	
7			3 40	5,5	27,5	460	48,6	21,1	46,42	tiers	
8			4	24,0	120	165	135,7	15,7	34,54	moitié	

Plus près de la sortie, plus basse est la teneur d'acide carbonique et par conséquent plus importante la somme de la quantité du métal détruit.

Quant à la corrélation entre la charge (observée dans les essais du tableau 3) de la turbine et la teneur simultanée en acide carbonique, que j'ai voulu rechercher, les essais faits ne donnent pas un indice sûr. C'est un problème, dont la résolution nécessite énormément d'essais effectués dans les mêmes conditions, et il serait hautement désirable que mes collègues, se trouvant dans les conditions voulues, continuent les expériences dans ce sens.

IV. — **Moyens d'éviter des corrosions produites par l'acide carbonique.** — Évidemment la meilleure méthode consiste dans l'élimination de l'acide carbonique, qui provient des bicarbonates contenus dans l'eau d'alimentation.

Les moyens sont donnés par l'épuration chimique préalable par la chaux, qui forme avec les bicarbonates des carbonates insolubles et retenus par le filtre de l'épurateur ; elle en fait de même avec l'acide carbonique libre.

Le processus est expliqué par les réactions suivantes :

$$Ca(OH)^2 + Ca(HCO^3)^2 = 2\,CaCO^3 + 2\,H^2O$$

$$Ca(OH)^2 + CO^2 = CaCO^3 + H^2O$$

Pour souligner le rôle hautement bienfaisant de l'épuration de l'eau par la chaux au point de vue de la prévention des corrosions occasionnées par l'acide carbonique dans les appareils d'utilisation, je me permets de citer ici un cas typique de ma pratique.

En 1910, la Centrale électrique de Barcelone (Compañia barcelonesa de Electricidad), dont les turbines étaient fréquemment mises hors de service par des corrosions des aubes et qui, de ce fait, avait de grandes difficultés financières avec le fournisseur des turbines (A. E. G. de Berlin) se décida à m'engager comme chimiste pour éclairer la situation et rechercher les causes de ces corrosions.

A mon entrée en service je me suis consacré surtout à l'épuration chimique et à la surveillance des eaux. Les corrosions cessèrent complètement six mois après mon arrivée. Mais comme ces corrosions étaient attribués à divers facteurs (action mécanique, action électrolytique, caractères du métal, etc.), et comme en outre les ingénieurs de l'usine expliquèrent la cessation des corrosions par l'introduction de différentes améliorations techniques (dérivations de la vapeur condensée dans la turbine même par des robinets spéciaux, augmentation du nombre des condenseurs, etc.), je ne pouvais alors démontrer directement que le vrai et principal facteur était *la* STRICTE *épuration chimique préalable et la surveillance constante et méthodique des eaux.* Je suis donc heureux actuellement, après sept ans révolus de l'avoir démontré par ces essais scientifiques, effectués dans la Centrale électrique du Tage de Lisbonne.

Dr Ch. CHOROWER.

Digitized by Google

Application des amplificateurs à l'exploitation téléphonique (1)

Dans cette étude, l'auteur expose tout d'abord les résultats remarquables obtenus aux Etats-Unis dans la transmission téléphonique à grande distance par l'emploi d'amplificateurs à lampe. Il étudie ensuite le fonctionnement de cet amplificateur, ses différents modes d'utilisation, les types de relais téléphoniques embrochés et d'intercommunication et il termine par l'exposé des modifications à apporter à un réseau en vue de l'utilisation de relais téléphoniques.

Considérations générales. — On appelle relais téléphonique un appareil destiné à amplifier les courants téléphoniques. Il comporte des amplificateurs proprement dits, avec des sources d'énergie fournissant l'énergie nécessaire à l'amplification, et des électro-aimants accomplissant toutes les fonctions accessoires qui rendent le relais téléphonique d'un usage commode.

Les relais téléphoniques permettent d'accroître considérablement la portée des communications téléphoniques, tout en réduisant le diamètre des conducteurs de cuivre utilisés pour les circuits téléphoniques. Voici quelques exemples de l'efficacité des relais, employés aux Etats-Unis en même temps que la pupinisation, sur les lignes téléphoniques interurbaines.

Le circuit New-York-San-Francisco, qui traverse l'Amérique de la côte de l'océan Atlantique à celle de l'océan Pacifique, est constitué par deux conducteurs de cuivre pesant 435 livres anglaises au mile (la livre anglaise vaut 453 g et le mile mesure 1 609 m), ce qui fait, pour le poids de cuivre immobilisé dans ce circuit, 3 000 000 livres anglaises environ.

S'il n'y avait, sur cette ligne aérienne, ni bobines Pupin, ni relais téléphonique, le rapport de l'énergie rendue par la ligne au récepteur à l'arrivée à l'énergie fournie par le transmetteur à la ligne au départ serait un cinquante billionième $\left(\frac{1}{50\,000\,000\,000}\right)$. Or pour que la conversation soit possible, il faut que ce rapport soit supérieur ou au moins égal à $\frac{1}{1\,000}$ (et la valeur $\frac{1}{100}$ est désirable).

Sur ce circuit il y a 400 bobines Pupin : cette pupinisation, à elle seule, suffirait à donner au rapport de ces énergies la valeur : 1 millionième $\left(\frac{1}{1\,000\,000}\right)$.

Six relais téléphoniques, espacés sur ce circuit relèvent encore la valeur du rendement transmissif en énergie et, grâce eux effets combinés de la pupinisation et des relais téléphoniques, le rapport des énergies reçue à l'arrivée et fournie au départ a la valeur très acceptable $\frac{1}{80}$ affaiblissement total correspondant : 2,24 .

De fait, ce circuit New-York-San-Francisco est en service régulier dans l'exploitation téléphonique des Etats-Unis et l'audition y est aussi bonne que sur un bon circuit interurbain de longueur moyenne.

Comme deuxième exemple, citons la communication téléphonique par câble souterrain Boston-Washington, via New-York et Philadelphie. Ce câble a 500 miles de longueur (1 mile = 1 609 m). Ses conducteurs de cuivre du type « n° 10 Brown and Sharp », ont un diamètre de 2,59 mm et pèsent environ 46,91 kg : km (166 livres anglaises par mile). Le rendement en énergie de ce câble, non pupinisé, serait un trente mille milliardième $\left(\frac{1}{30\,000 \text{ milliards}}\right)$. La pupinisation à elle seule suffit à élever ce rendement à la valeur $\left(\frac{1}{300}\right)$. Les relais téléphoniques intercalés sur ce circuit permettent d'obtenir un rapport final de $\frac{1}{10}$ entre l'énergie fournie au départ et l'énergie recueillie à l'arrivée, ce qui assure une excellente transmission téléphonique (affaiblissement total correspondant : 1,15).

On distingue, suivant la nature des amplificateurs, le relais du type mécanique et le relais à lampe. L'amplificateur du relais du type mécanique se compose seulement d'un microphone et d'un récepteur téléphonique accouplés. Le récepteur reçoit les courants téléphoniques et sa membrane, servant de diaphragme au microphone, réalise automatiquement l'amplification.

Ce type d'amplificateur tend à être abandonné à cause de l'infertie qu'il présente. Nous ne citerons que pour mémoire l'amplificateur Brown et l'amplificateur Shreeve.

Les lampes utilisées comme amplificateurs dans le relais téléphonique à lampe sont fondées sur un principe que nous expliquerons ultérieurement.

Le relais téléphonique doit comporter un montage réversible des amplificateurs permettant de causer dans les deux directions.

Il existe de nombreux montages réversibles, dont les schémas sont d'ailleurs connus, qui permettent de causer dans les deux directions en utilisant un ou deux amplificateurs, sans craindre un amorçage d'oscillations entretenues, c'est-à-dire un ronflement ou un sifflement continus, bien que les deux côtés du circuit téléphonique, de part et d'autre de l'amplificateur ou des amplificateurs utilisés, aient des impédances inégales. Certains montages comportent des dispositifs différentiels avec ou sans capacités et résistances de compensa-

(1) Conférence faite à l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes, le 5 octobre 1917, et publiée dans les *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, décembre 1917, t. VI, p. 595-613.

Digitized by Google

tion ; d'autres comportent des lignes artificielles qui ne sont le plus souvent que de simples combinaisons d'impédances représentant les impédances au départ des deux côtés du circuit téléphonique.

Aux États-Unis, on utilise de préférence des montages reversibles comportant deux amplificateurs et des lignes artificielles qui correspondent parfaitement, au point de vue des impédances, aux côtés est et ouest de la ligne téléphonique réelle sur laquelle est intercalé le relais téléphonique. Cette correspondance parfaite est une condition nécessaire de bon fonctionnement des relais téléphoniques comportant de tels montages avec lignes artificielles ; si cette condition n'est pas réalisée, une partie des courants amplifiés par l'amplificateur n° 1 passe par l'amplificateur n° 2 et inversement ; il s'établit alors une circulation d'énergie, de sorte que l'ensemble des deux amplificateurs se comporte comme une source d'oscillations entretenues intercalée sur la ligne ; il s'ensuit un effet de sifflement ou de chantage. Avant d'approcher des conditions de chantage, la qualité de la transmission téléphonique devient bien vite mauvaise : chaque mot ou chaque syllabe est suivi d'un bruit de sifflement qui altère la parole ; si plusieurs relais téléphoniques sont sur la ligne, ce phénomène prend l'allure d'un écho. Comme la tendance au chantage, par le fait d'un déséquilibre dans le montage réversible du relais téléphonique, s'accentue quand on augmente l'amplification donnée par les amplificateurs, il convient de régler la valeur de cette amplification afin de rester non seulement au-dessous des conditions de mauvaise qualité de transmission téléphonique. Il en résulte pratiquement que l'efficacité d'un tel relais téléphonique est fonction du degré d'équilibre du montage réversible utilisé dans ce relais.

Définition de l'amplification. — Le relais téléphonique, en amplifiant les courants, agit comme une résistance négative insérée sur la ligne. Dans les meilleures conditions d'utilisation pratique, l'insertion d'un relais téléphonique à lampes du modèle utilisé aux États-Unis, équivaut, au point de vue de la transmission téléphonique, à la suppression d'une ligne de même affaiblissement total que dix-huit ou vingt miles de câbles standard (n° 19 gauge câble) dont la résistance par boucle d'un mile vaut 88 ohms et dont la capacité par boucle d'un mile vaut 0,054 microfarad (cela correspond à une constante d'affaiblissement kilométrique de 0,1 environ). Nous dirons, pour employer le langage des Américains, que le relais téléphonique produit une amplification de 18 ou 20 miles au plus. En réalité l'amplification sera rarement aussi grande ; il faut la régler sur chaque circuit déterminé, en se basant sur les conditions précédentes, au sujet du déséquilibre dans le montage du relais. En général, on ne dépasse pas sur les lignes aériennes une amplification de 14 à 16 miles. Sur les câbles, étant donnée la stabilité de fonctionnement électrique, on peut atteindre une amplification de 20 miles, mais on dépasse rarement cette valeur.

Relais téléphoniques avec lampes. — La lampe à trois électrodes utilisée comme amplificateur est une ampoule comportant un filament chauffé, une grille et une plaque métallique. Le filament, en Amérique, est un filament métallique à oxyde rapporté (oxyde de calcium ou oxyde de baryum, ces oxydes étant des corps conducteurs riches en électrons libres). On sait que, dans les théories physiques modernes, on considère un atome comme formé d'un centre électropositif autour duquel gravitent de petites planètes chargées d'électricité négative, et qu'on appelle les *électrons*. Expérimentalement, il est établi qu'un électron est une petite charge d'électricité négative qu'on peut supposer distribuée à la surface d'une sphère dont le diamètre est environ 0,000 001 de celui d'un atome chimique. Un corps conducteur doit être considéré comme un réseau d'atomes, dont la structure lacunaire est comparable à celle d'une éponge, entre les mailles duquel circule un fluide électrique composé d'électrons. Ce fluide, dont le corps conducteur est en quelque sorte imbibé, peut être tout à fait assimilé à un gaz obéissant à la théorie cinétique des gaz. Les différents électrons circulant au sein du conducteur sont donc soumis aux lois d'agitation thermique, l'énergie cinétique moyenne de chacun de ces électrons étant proportionnelle à la température du corps conducteur considéré. Pour les températures ordinaires, les forces de cohésion moléculaire contiennent, en quelque sorte, ce gaz électronique, mais si nous chauffons le conducteur, l'énergie cinétique moyenne des électrons s'accroît considérablement à mesure que la température s'élève, et peut devenir suffisante pour vaincre les forces de cohésion moléculaire : les électrons s'échappent. On a le phénomène bien connu de l'émission d'électrons par un corps métallique chauffé ou phénomène d'Edison. Les filaments à oxydes rapportés produisent une émission d'électrons particulièrement riche. La loi de cette émission d'électrons par un corps chauffé, ou loi de Richardson, est la suivante : le courant dû à cette émission est

$$i = a\sqrt{T}\, e^{-\frac{b}{T}},$$

a et b étant deux constantes caractérisant le conducteur considéré, et T étant la température absolue, c'est-à-dire la température centigrade + 273°.

Les électrons, étant des charges électronégatives, se déplacent le long des lignes de force du champ électrique, mais en sens inverse de ces lignes de force, puisque ces lignes de force se dirigent des corps chargés positivement vers les corps chargés négativement.

Dans une lampe à trois électrodes de relais téléphonique, la plaque est maintenue à un potentiel positif élevé par rapport aux potentiels des différents points du filament. Il y a donc un champ électrique, dont les lignes de force sont dirigées de la plaque au filament et que les électrons émis par le filament peuvent constamment remonter. Si la grille n'existait pas, il se produirait uniquement un courant continu dans le circuit filament-plaque, à l'intérieur de l'ampoule. Pour un

Digitized by Google

chauffage donné, un filament ne peut émettre par unité de temps qu'un nombre déterminé d'électrons. Si le potentiel de la plaque est suffisamment élevé, tous les électrons atteignent la plaque, on obtient alors pour le chauffage considéré le courant maximum dans le circuit filament-plaque ou courant de saturation. L'emploi d'un potentiel plus élevé sur la plaque n'aurait pas d'effet utile.

Le rôle de la grille est de produire un champ électrique qui dépend du potentiel de la grille par rapport au filament, et qui se superpose à celui de la plaque; elle modifie ainsi le nombre des électrons qui vont du filament à la plaque, c'est-à-dire l'intensité du courant dans le circuit filament-plaque.

Supposons que, la plaque étant portée à un haut potentiel positif par rapport au filament, on applique une tension croissante sur la grille, depuis des valeurs négatives grandes en valeurs absolues jusqu'à des valeurs positives, le zéro des potentiels étant toujours le potentiel du pôle négatif du filament. Plusieurs cas peuvent se présenter : 1° le potentiel de la grille est fortement négatif par rapport aux régions voisines du filament ; ce potentiel est a fortiori fortement négatif par rapport à la plaque ; toutes les lignes de force du champ électrique partant du filament et de la plaque vont aboutir à la grille ; aucun des électrons ne quitte le filament : ils y restent contenus par le champ électrique ;

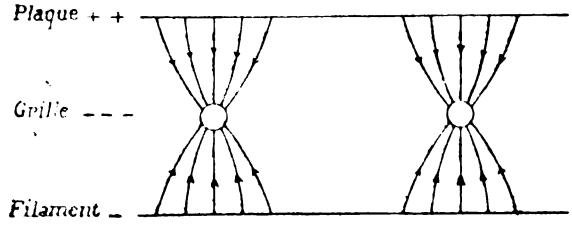


Fig. 1.

il n'y a pas de courant filament-plaque et il n'y a pas de courant filament-grille (fig. 1).

2° La grille est négative par rapport aux régions voisines du filament mais n'est pas fortement négative ; les lignes de force du champ partant de la plaque et du filament aboutissent en majorité sur la grille, mais certaines lignes de force traversent la grille et vont directement de la plaque au filament. On observe un petit

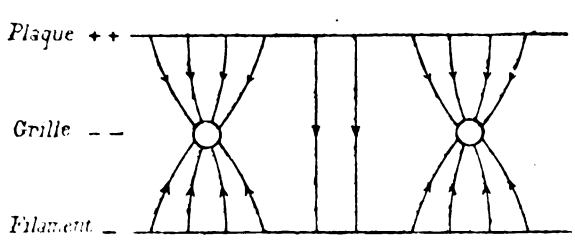


Fig. 2.

courant dans le circuit filament-plaque, mais il n'y a pas encore de courant dans le circuit filament-grille (fig. 2).

3° La grille est positive par rapport aux régions voisines du filament, mais reste fortement négative par rapport à la plaque. Les lignes de force vont en majorité de la plaque au filament, quelques-unes vont de la plaque à la grille, et quelques-unes aussi de la grille au

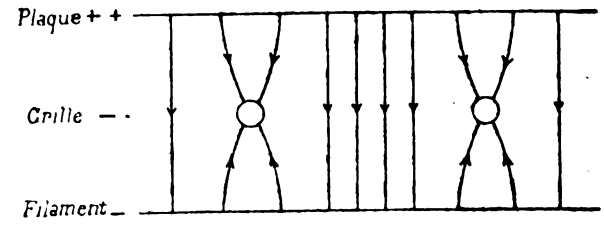


Fig. 3.

filament. On observe un fort courant filament-plaque et un léger courant filament-grille (fig. 3).

4° La grille est fortement positive par rapport au filament et peut même devenir positive par rapport à la plaque. Le nombre des lignes de force allant de la grille au filament augmente au détriment du nombre des lignes de force allant de la plaque au filament. Par suite, le courant dans le circuit filament-plaque cesse de croître

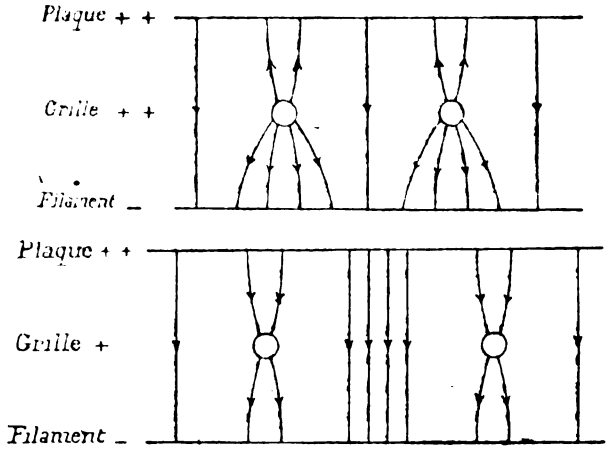


Fig. 4.

pour décroître, tandis que le courant filament-plaque croît constamment (fig. 4).

Finalement, si nous portons en abscisse le potentiel de la grille par rapport au pôle négatif du filament et en ordonnées, d'une part, le courant dans le circuit filament plaque, et, d'autre part, le courant dans le circuit filament-grille, nous obtenons les courbes de la figure 5.

Considérons sur la première de ces courbes le point M correspondant à une différence de potentiel — 9 v entre grille et filament. Dans les lampes du relais téléphonique américain, M est souvent choisi comme point de fonctionnement et l'on insère alors une batterie de 9 v entre le filament et la grille (fig. 5 et 6). Supposons que nous intercalions également entre le filament et la grille le secondaire d'un transformateur dont le primaire est fermé sur un microphone dans lequel on parle:

Digitized by Google

au potentiel constant — 9 v viendra s'ajouter un potentiel alternatif variant suivant les fluctuations de la parole. Le potentiel résultant de la grille oscillera entre les points m_1 et m_2.

Donc le courant recueilli dans le circuit filament-

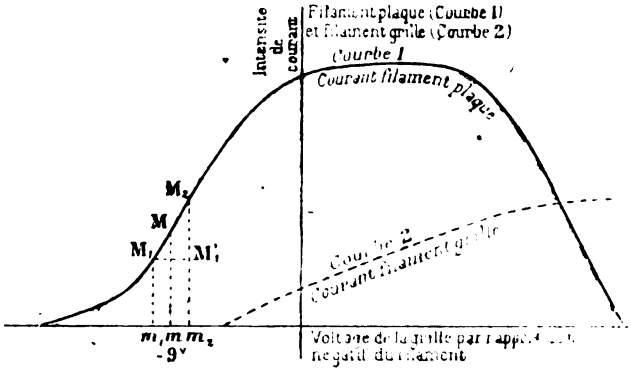


Fig. 5.

plaque oscillera entre les valeurs m_1 M_1 et m_2 M_2; or, à cause de la forme des courbes précédentes, à une petite variation m_2 m_1 du potentiel de la grille correspondra une grande variation M_2 M'_1 du courant filament-plaque, c'est-à-dire qu'on réalise ainsi une amplification des courants microphoniques, l'énergie nécessaire étant empruntée aux batteries de piles ou d'accumulateurs de la figure 6.

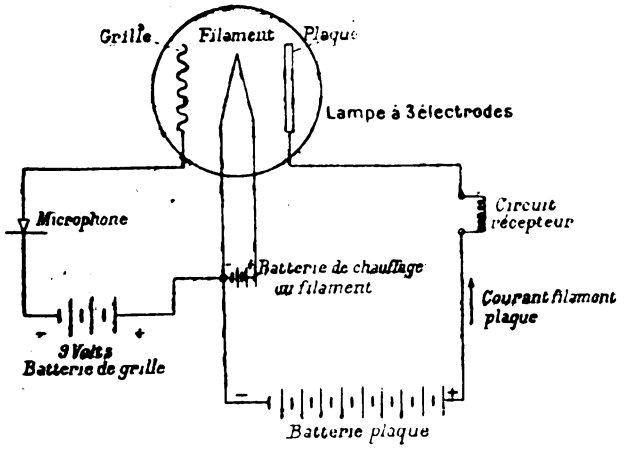


Fig. 6.

Différents modes d'utilisation des amplificateurs téléphoniques. — Le relais téléphonique peut être utilisé de deux façons différentes :

1° Un relais peut être intercalé d'une façon permanente sur un circuit téléphonique déterminé toujours le même. Nous appellerons ce relais un *relais téléphonique embroché*.

Si ce relais est monté avec lignes artificielles, il comporte, en dehors des bornes relatives aux batteries de plaque, de grille et de filament, huit bornes extérieures auxquelles sont raccordés respectivement les côtés est et ouest du circuit téléphonique et les deux lignes artificielles équivalentes, au point de vue des impédances, à ces deux côtés du circuit. Si le relais embroché est monté sans lignes artificielles, il comporte simplement quatre bornes de lignes relatives aux côtés est et ouest du circuit.

2° Un relais téléphonique peut être inséré sur un dicorde de tableau téléphonique interurbain en vue d'améliorer une communication entre deux circuits téléphoniques quelconques; ce type de relais peut s'appeler *relais téléphonique d'intercommunication*.

Les cordons de relais téléphoniques d'intercommunication sont d'ordinaire groupés sur le keyboard d'une position spéciale du meuble interurbain, qu'on peut appeler *position-relais*. Le multiplage de tous les circuits téléphoniques sur lesquels on se propose d'utiliser des relais se termine à cette position à un jack ou à un groupe de deux jacks jumelés suivant que le relais téléphonique ne comportera pas ou comportera l'utilisation de lignes artificielles. Dans ce dernier cas, à chaque circuit téléphonique doit correspondre une ligne artificielle dont l'impédance est équivalente à l'impédance au départ du circuit; un des deux jacks jumelés mentionnés précédemment, supposés par exemple situés l'un au-dessus de l'autre, sera raccordé à cette ligne artificielle équivalente.

Dans ce cas, également, les cordons-relais doivent être terminés par des fiches doubles. Chacun de ces cordons doit posséder les mêmes lampes de supervision et les mêmes clés qu'une dicorde d'intercommunication ordinaire; clé d'appel sur les deux fiches, clé d'écoute et de conversation. En outre, ce dicorde comporte une clé spéciale, clé de commande du relais, qui permet au moment voulu de mettre le relais téléphonique en service sur une communication réalisée au moyen de ce cordon-relais.

Si le relais téléphonique d'intercommunication ne comporte pas l'usage de lignes artificielles, le cordon-relais se termine sur le keyboard de la position-relais comme un dicorde ordinaire, par deux fiches simples, et, dans ce cas, ce cordon-relais ne diffère d'un cordon d'intercommunication ordinaire que par la présence d'une clé supplémentaire, la clé de commande du relais téléphonique.

Différents types de relais téléphoniques embrochés et de relais téléphoniques d'intercommunication. — Nous avons dit qu'un relais téléphonique n'est en somme qu'un amplificateur ou qu'un groupe d'amplificateurs (lampes à trois électrodes, par exemple) montés et équipés d'une façon convenable pour être d'un usage commode dans l'exploitation courante.

Dans les deux genres de relais téléphoniques que nous avons appelés relais embrochés et relais d'intercommunication, on peut donc distinguer des espèces différentes innombrables correspondant aux différents problèmes que l'exploitation téléphonique peut présenter.

Nous n'avons pas la prétention d'entreprendre une

Digitized by Google

classification de tous les relais téléphoniques imaginés ou imaginables, ni de décrire plus particulièrement tel relais téléphonique américain plutôt que tel autre. Nous nous contenterons d'indiquer sommairement, à la lumière des observations que nous avons faites aux États-Unis au sujet des relais téléphoniques, quelles pourraient être, selon nous, en France, les applications immédiates des lampes amplificatrices.

Chacune de ces applications pose un problème particulier et il faut, dans chaque cas, étudier un relais téléphonique répondant aux conditions de ce problème. Cette étude comporte quatre parties :

1° *Choix des amplificateurs* qu'on utilisera : amplificateur mécanique ou lampe à trois électrodes. Si l'on emploie des lampes, choix des caractéristiques de fonctionnement de ces lampes, des tensions des batteries de chauffage des filaments, d'alimentation des plaques et d'alimentation des grilles; choix des moyens de réglage de l'amplification donnée par les lampes, en réglant le courant de chauffage des filaments, ou le potentiel moyen des grilles ou tout autre variable électrique de la lampe.

2° *Etude du montage réversible* qu'on utilisera pour permettre de causer, avec ces amplificateurs, dans les deux directions, en supprimant toute tendance au sifflement, au chantage du relais téléphonique.

3° *Etude de l'équipement* des amplificateurs et en particulier des électro-aimants accomplissant les différentes fonctions grâce auxquelles le relais téléphonique s'adaptera d'une façon parfaite à l'exploitation qu'on a en vue.

On peut imaginer toutes sortes de fonctions réalisant chacune un avantage particulier mais exigeant chacune des organes supplémentaires : électro-aimants, condensateurs, bobines d'induction, transformateurs, jacks, fiches, lampes de signalisation, etc.

Énumérons quelques-unes des fonctions qui sont souvent utiles :

a) Mise hors circuit des lampes amplificatrices pendant l'appel d'un des postes correspondants, afin de protéger les lampes contre les courants d'appel;

b) Répétition ou translation du courant d'appel : lorsque l'appel vient du côté est, par exemple, il actionne des électros faisant partie de l'équipement du relais téléphonique et le jeu de ces électros raccorde à la ligne ouest le générateur de courants d'appel de la station de relais téléphoniques;

c) Amplification spéciale des courants d'appel. Il se peut, au contraire, que l'on amplifie les courants d'appel au moyen des lampes comme on le fait pour les courants téléphoniques; mais, naturellement, dans ces deux cas, les lampes ne fonctionnent pas tout à fait avec les mêmes caractéristiques électriques et des électros spéciaux doivent pouvoir modifier, en vue de l'amplification des appels, le point de fonctionnement habituel des lampes en cours de conversation.

d) Commande à distance du chauffage des filaments, afin de ne laisser débiter les lampes que pendant les heures où le relais téléphonique est utilisé.

4° Enfin la quatrième partie de l'étude d'un type de relais téléphoniques est le *choix des dispositifs qui faciliteront les essais et l'entretien de ces relais* et notamment l'étude d'une table d'essais pratique.

En vue des essais, il est en effet commode de ménager sur le bâti du relais : 1° des jacks permettant de mesurer les tensions et les intensités des courants utilisés dans les lampes amplificatrices : tension de la plaque par rapport au filament et de la grille par rapport au filament, courant de chauffage des filaments, etc; 2° des jacks ou des clés permettant l'écoute et la surveillance, en cours de conversation, de l'agent chargé de l'entretien des relais téléphoniques; 3° des jacks et des dispositifs convenables permettant de mesurer l'amplification donnée par les lampes, etc.

Ces indications sommaires donnant une idée de la façon dont un projet de relais téléphonique peut être étudié, voici quels sont les types de relais téléphoniques dont on peut dès maintenant prévoir l'usage en France.

1. *Différents types de relais embrochés.* — En premier lieu, on peut songer à améliorer la conversation téléphonique sur un circuit déterminé de grande longueur en intercalant en son milieu un relais téléphonique : par exemple, en mettant un relais à Amiens sur un circuit Paris-Calais, on améliore sensiblement la transmission. Nous avons vu en effet que tout se passe comme si l'insertion d'un relais téléphonique embroché diminuait l'affaiblissement du circuit de 1, 4 à 1, 8 unités en moyenne.

De même, on peut, en intercalant sur un long circuit international, Paris-Rome, par exemple, à des endroits convenables, des relais téléphoniques en nombre suffisant, rendre tout à fait possible et d'usage courant la communication téléphonique entre les capitales de deux pays limitrophes.

Enfin, on peut songer à utiliser un relais embroché à Marseille par exemple, pour téléphoner de Paris à Alger au moyen de deux conducteurs d'un câble télégraphique. Mais bien des précautions doivent être prises et une étude sérieuse devrait être faite à ce sujet.

Deux choses en effet caractérisent une bonne transmission téléphonique :

1° Un faible affaiblissement total, grâce auquel une partie importante (1/100 environ) de l'énergie fournie au départ par le transmetteur est recueillie à l'arrivée par le récepteur;

2° Une faible déformation n'altérant pas sensiblement la qualité de la parole transmise, les différentes ondes qui composent le courant téléphonique n'étant pas transmises par la ligne avec des vitesses et des affaiblissements trop différents.

Or, si les relais téléphoniques réduisent avec succès l'affaiblissement, et toutes choses égales d'ailleurs, accroissent sensiblement le volume de la parole reçue, ils ne permettent pas de remédier à la déformation et lorsqu'ils sont mal réglés ils en aggravent même les effets en introduisant eux-mêmes des sifflements

Digitized by Google

et des chantages qui altèrent beaucoup la qualité de la transmission téléphonique.

Or un câble télégraphique présente au point de vue téléphonique un coefficient de déformation important et toute une étude serait à faire pour réaliser une communication téléphonique Paris-Alger avec des lignes du genre des lignes existantes.

Les différents cas que nous venons d'envisager visent toujours des relais téléphoniques embrochés isolés, intercalés de loin en loin sur un circuit ou sur une communication téléphonique déterminée. Mais on peut prévoir l'établissement de véritables stations de relais embrochés comme c'est le cas par exemple pour la nouvelle station américaine d'Ossining qui ne comporte pas moins de 50 relais à elle seule.

Cela se produira souvent dans l'avenir sur les câbles téléphoniques interurbains. Le relais téléphonique permet en effet de réduire considérablement le diamètre des conducteurs de ces câbles et, en intercalant sur chaque paire de conducteurs, à intervalles convenables le long du câble, des relais téléphoniques embrochés, on peut réaliser des communications téléphoniques satisfaisantes avec des conducteurs de diamètre extraordinairement faibles, ce qui permet d'économiser le cuivre dans des proportions considérables. Dès maintenant, aux États-Unis, dans les câbles téléphoniques nouvellement posés, on ne dépasse pas le diamètre de 1,5 mm et on peut prévoir l'époque où grâce à la technique des relais téléphoniques et de la pupinisation, les câbles téléphoniques interurbains seront tout à fait semblables aux câbles employés actuellement dans les grandes villes pour les lignes d'abonnés.

2. *Différents types de relais d'intercommunication.* — La première application des relais d'intercommunication pourrait être l'installation au central interurbain de Paris d'une position-relais.

Il y aurait sur cette position-relais un nombre convenable de dicordes comportant un relais téléphonique entre les deux fiches et, à cette position, aboutiraient tous les longs circuits interurbains raccordant à Paris des centres régionaux importants, tels que Dunkerque, Calais, Le Havre, Rouen, Brest, Nantes, Bordeaux, Lyon, Marseille, etc.

Quand une de ces villes demanderait une communication, en transit à Paris, avec un autre centre régional éloigné, la communication désirée serait réalisée au moyen d'un cordon-relais.

Lorsque, grâce à l'usage des relais téléphoniques embrochés, de nombreux circuits internationaux rayonnant autour de Paris seront mis en service régulier (tels que Paris-Londres, Paris-Liverpool, Paris-Manchester, Paris-Glasgow, Paris-Lisbonne, Paris-Madrid, Paris-Barcelone, Paris-Rome, Paris-Milan, Paris-Turin, etc.), une position-relais spéciale pourrait être installée au central interurbain de Paris en vue du transit téléphonique international. La situation géographique de la France nous permet d'espérer de pouvoir assurer à bon compte, dans l'avenir, une grande partie du trafic téléphonique européen et cela pourra être pour l'administration française des Postes, Télégraphes et Téléphones une source d'activité très importante.

Enfin, en dehors du central interurbain de Paris, d'autres bureaux téléphoniques français pourraient utiliser avec avantage le relais d'intercommunication. On pourrait, par exemple, disposer sur le keyboard de quelques tables téléphoniques de bureaux régionaux 1 ou 2 cordons-relais d'un type très simple et d'un usage commode; on les utiliserait pour les communications en transit entre deux localités quelconques qui, sans être très éloignées géographiquement l'une de l'autre, doivent, pour correspondre, emprunter des circuits de petits diamètres et passer par des bureaux intermédiaires en si grand nombre que l'affaiblissement résultant est trop grand pour pouvoir causer convenablement sans relais téléphonique. Il y aurait là, dans notre pays, une application particulièrement heureuse des amplificateurs téléphoniques.

Le relais téléphonique nous offre donc un moyen commode d'améliorer l'exploitation téléphonique actuelle et d'augmenter la portée des communications et permettant notamment, d'une façon régulière, le trafic interrégional et international.

Modifications a apporter a un résrau en vue de l'utilisation de relais téléphoniques sur ce réseau. — Avant d'utiliser des relais téléphoniques sur un réseau, et surtout lorsque ces relais comportent l'usage de lignes artificielles correspondant parfaitement au point de vue des impédances aux circuits téléphoniques composant ce réseau, il faut d'abord simplifier autant que possible ces circuits, c'est-à-dire s'efforcer de rendre le long de ces circuits l'impédance aussi régulière et aussi constante que possible en améliorant l'isolement et en faisant disparaître les irrégularités de la ligne, ou tout au moins en les atténuant, ce qui d'ailleurs présente l'avantage de restreindre les causes de déperdition d'énergie due aux réflexions nuisibles.

Les principales discontinuités que peut présenter dans notre pays une ligne téléphoniqne aérienne sont les suivantes :

1° *Traversée de tunnels, de rivières ou de villes en câble souterrain ou sous-fluvial.* — Si la section de câble correspondante est très courte (inférieure à 500 m ou 600 m), le mieux est de la constituer en câble Krarup, dont l'impédance caractéristique aura été amenée par krarupisation à la valeur de l'impédance caractéristique de la ligne aérienne.

Rappelons la définition de l'impédance caractéristique et la constitution d'un câble Krarup.

On sait que, si l'on considère une ligne suffisamment longue et uniforme dont les constantes électriques sont par unité de longueur R pour la résistance, S pour la conductance de fuite ou perditance, L pour le coefficient de self-induction, C pour la capacité des deux fils du circuit considéré entre eux et avec la terre, on trouve que le rapport de la tension au courant $\frac{V}{I}$ est la même en

Digitized by Google

tous les points de la ligne, et s'exprime, en quantités imaginaires, par la formule suivante :

$$\frac{V}{I} = Z = \sqrt{\frac{R + i\omega L}{S + i\omega C}}.$$

Le module de Z_0, c'est-à-dire la quantité

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R^2 + L^2\omega^2}{S^2 + C^2\omega^2}}$$

est l'*impédance caractéristique de la ligne*. Cette quantité Z_0 caractérise bien, en effet, les qualités électriques de la ligne et règle le régime de transmission des ondes électriques de pulsation ω le long de la ligne. On prend en général pour ω dans l'expression de l'impédance caractéristique la valeur 5000 correspondant à la fréquence moyenne du courant téléphonique.

Tout type de ligne suivant le diamètre et la nature de son fil, les isolateurs utilisés, le mode de construction utilisé a une telle impédance caractéristique Z_0; sur une ligne théorique très longue et uniforme, l'impédance caractéristique se confondrait avec l'impédance mesurée en un point quelconque; sur une ligne ordinaire, on a un moyen de mesurer indirectement l'impédance caractéristique; il suffit de mesurer l'impédance au départ (ou impédance à l'émission) quand l'extrémité de la ligne est ouverte Z_{ouv}, et quand elle est court-circuitée Z_{cc}, et de prendre la moyenne géométrique des valeurs trouvées.

$$Z_0 = \sqrt{Z_{ouv}\, Z_{cc}}.$$

La krarupisation, du nom de l'ingénieur danois Krarup, consiste à augmenter la self-induction d'une ligne en câble afin d'améliorer ses qualités transmissives, en enroulant autour des conducteurs du câble des hélices à spires jointives de fil de fer oxydé dont le diamètre est de 2 à 3 dixièmes de millimètre; cela augmente la perméabilité magnétique de l'espace entourant les conducteurs et par suite cela augmente le coefficient de self-induction de la ligne téléphonique en câble.

Si la section de câble dans la traversée souterraine ou sous-fluviale de la ligne téléphonique considérée est assez importante (comprise par exemple entre 500 m et 3 ou 4 km), la meilleure solution consiste à placer une bobine Pupin au milieu de cette section afin de réaliser une cellule de pupinisation dont l'impédance caractéristique soit encore égale à celle de la ligne aérienne.

Si la section de câble considérée est très longue (supérieure à 4 km), ce qui serait par exemple le cas de la traversée de Lyon ou de Paris, il faut étudier une pupinisation spéciale qui réduise autant que possible l'affaiblissement de la section de câble, tout en lui donnant une impédance caractéristique voisine de celle de la ligne aérienne. Une pupinisation faible, donnant au câble une impédance caractéristique de 800 ohms et un affaiblissement légèrement inférieur à celui d'une ligne aérienne de même diamètre que les conducteurs du câble, conviendrait bien.

Si la krarupisation ou la pupinisation ne peuvent être réalisées, ou en attendant qu'elles le soient, on peut atténuer le mauvais effet produit par la section de câble en intercalant entre la ligne aérienne et le câble un transformateur ou un auto-transformateur dont les enroulements auront des impédances respectivement égales aux impédances caractéristiques du câble et de la ligne aérienne. L'auto-transformateur comportant un condensateur en son milieu est fréquemment utilisé aux États-Unis et présente le grand avantage de permettre tout de même l'essai électrique en courant continu des lignes sur lesquelles il est intercalé et la localisation des dérangements sur ces lignes par des mesures électriques.

2° *Traversée de villes en fil aérien de plus petit diamètre.* — Par exemple, dans la traversée d'une ville, une section en fil de bronze de 15 dixièmes de millimètre est intercalée sur un circuit en fil de cuivre de 4 mm. Si cette section aérienne est suffisamment longue et commence suffisamment près du bureau où se trouve le relais téléphonique, pour affecter sensiblement l'impédance au départ du circuit téléphonique, le mieux est de la reconstruire en fil de même diamètre que la ligne aérienne, c'est-à-dire dans l'exemple choisi en fil de 4 mm. Si cette reconstruction est impossible, ou en attendant qu'elle soit faite, il faudra équilibrer cette section par une impédance spéciale dans la ligne artificielle destinée à équilibrer le circuit téléphonique dans le montage du relais téléphonique.

3° *Raccord à un câble sous-marin.* — C'est le cas d'un circuit téléphonique Paris-Londres, par exemple. Ce câble sous-marin est déjà krarupisé ou pupinisé, on ne peut donc plus agir sur lui et cependant son impédance caractéristique est différente de celle de la ligne aérienne. On intercalera à la guérite d'atterrissement du câble, entre la ligne aérienne et la ligne sous-marine, un transformateur dont les enroulements auront des impédances respectivement égales à celle de la ligne aérienne et à celle de la ligne sous-marine; d'ailleurs ces transformateurs sont utiles à bien d'autres points de vue.

G. Valensi,
Ingénieur des Télégraphes.

Digitized by Google

La troisième Foire de Lyon [*Suite*] (1)

Compagnie générale d'entreprises électriques. — L'intérêt principal de la participation de la Compagnie générale d'entreprises électriques à la Foire de Lyon réside, non pas dans des spécimens de sa production industrielle, mais dans la documentation générale qu'elle apporte comme contribution à cette grande question nationale de l'utilisation de nos forces naturelles et de l'utilisation industrielle de la force électrique.

Cette Compagnie, en effet, fondée en 1913, a pour objet l'étude et l'exécution de tous travaux et installations, relatifs à la production, la distribution et l'utilisation de l'énergie électrique, sous toutes ses formes et pour tous usages. C'est assez dire qu'elle n'a aucune spécialité déterminée et que ses moyens et son outillage sont suffisants pour entreprendre l'aménagement de toutes chutes d'eau, la construction et l'équipement de toutes stations centrales hydrauliques et thermiques, les sous-stations et postes de transformation, les transports d'énergie électrique de tous voltages et de toutes puissances, les tableaux de distribution, etc.

Ses références sont nombreuses et portent sur d'importantes installations industrielles, sur l'électrification de plusieurs réseaux de chemins de fer, de tramways, etc.

Son stand contenait une série de dessins, plans et photographies capables de documenter utilement les visiteurs.

Manufacture d'appareillage électrique spécial. — Parmi les exposants de la Foire de Lyon, il est intéressant de faire connaître ceux qui ont cherché à créer en France des fabrications pour lesquelles jusqu'à présent nous étions tributaires de l'étranger et notamment de l'Allemagne.

En particulier, l'Allemagne nous fournissait exclusivement des petits rhéostats à curseur sur bâti métallique dont l'élégance et le peu d'encombrement, le faible prix et la disposition pratique les faisaient rechercher par les laboratoires et les petites installations électriques.

La Manufacture d'appareillage électrique spécial de Trévoux (Ain), présentait à la Foire de Lyon quelques modèles de ses résistances à curseur qui ne cèdent en rien aux modèles venus, avant la guerre, de l'autre côté du Rhin. A côté de ces rhéostats, cette maison exposait une série de condensateurs électriques employés actuellement en télégraphie sans fil, soit pour transmission, soit pour réception : condensateurs à haute tension à lames de verre de toutes capacités et pour toutes tensions, modèles fixes et modèles transportables, pour la protection des lignes haute tension; condensateurs haute et basse tension pour télégraphie sans fil et autres applications à lames de mica, absolument indéréglables par les variations de température. Un procédé spécial de fabrication permet d'utiliser ces condensateurs pour les magnétos en employant pour cette fabrication du mica de deuxième choix.

La Manufacture exposait aussi quelques types d'appareils spéciaux tels que : interrupteurs, inverseurs, commutateurs à plusieurs directions et autres, employés en télégraphie sans fil, et, comme curiosité, une étuve à vide de sa fabrication faisant partie de la batterie d'étuves de son atelier de bobinage et destinée au séchage par le vide et à l'imprégnation sous pression des enroulements.

Société de Construction électrique. — La Société de Construction électrique, de Lyon, a exposé, cette année, dans son stand, en plus des moteurs et de ses fabrications courantes, quelques appareils nouveaux étudiés principalement pour les installations d'usines travaillant pour la défense nationale : arsenaux, poudreries, parcs d'artillerie, etc..

Ces appareils comprennent : interrupteurs et inverseurs avec coupe-circuit, à rupture brusque dans l'air, pour tous calibres jusqu'à 100 A, complètement protégés, utilisés pour la commande des machines-outils; interrupteurs ou inverseurs avec coupe-circuit, à double rupture brusque dans l'huile, pouvant être rendus complètement étanches, employés dans les ateliers de chargement, mines, etc.. ; contrôleurs-inverseurs avec contacts et résistances dans l'huile, appareils d'un encombrement très réduit bien placés dans les cabines de pont-roulant et pouvant être également commandés à distance par chaîne avec retour automatique à zéro; coupe-circuits cartouches protégés, de toute intensité, d'un démontage très facile pour le remplacement des fusibles. La matière isolante est incombustible et le fini de leur fabrication permet de les placer sur les tableaux de distribution.

A part les interrupteurs et disjoncteurs dans l'huile de construction normale, la Société de Construction électrique présentait un nouvel appareil combiné, comprenant : parafoudre d'intercalation, sectionneurs, bobines de self-induction et résistances à glycérine, disposé pour montage sur poteau. Cet appareil rendra aux installateurs de ligne haute tension de réels services en tant que facilité de montage et d'économie de ferrures. Elle exposait également un tableau de distribution dans lequel on a pu remarquer le soin apporté au montage des connexions placées à l'arrière du tableau.

Parmi les moteurs, la nouvelle série de 17 à 50 ch est à signaler : ils sont munis d'un dispositif de relevage des balais dont toutes les pièces sont facilement

(1) *R. G. E.*, numéros des 16, 23 et 30 mars 1918, p. 410, 445 et 489.

Digitized by Google

accessibles pour leur nettoyage et leur remplacement en cas d'avarie.

La Société de Construction électrique qui, déjà avant la guerre, s'occupait des installations et des transports de force, s'est spécialisée dans les installations des usines, arsenaux, ateliers de chargement et a à son actif, de multiples références concernant tous ces travaux.

Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt. — Il est inutile de présenter longuement la Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt, plus couramment désignée sous le nom de « Compagnie de Saint-Chamond ». A la veille de la guerre c'était notre plus important établissement métallurgique; sa production annuelle atteignait 600 000 t d'acier et 520 000 t de fonte et tous les techniciens connaissaient la perfection de ses fabrications. Depuis, cette puissante Société a également appelé sur elle l'attention du grand public; l'artillerie Saint Chamond a été en effet plus d'une fois mise à l'honneur et il n'est personne qui ignore maintenant que notre canon de 400, cette merveilleuse réplique au 420 allemand, a été étudié et construit dans les usines de cette Compagnie.

Malgré que toute son activité soit actuellement consacrée aux besoins de la défense nationale, la Compagnie de Saint-Chamond avait néanmoins tenu à participer brillamment à la Foire de Lyon et c'est à l'entrée du quai de la Tête d'Or, dans les six premiers stands du groupe de la Métallurgie, qu'elle exposait quelques spécimens des productions variées que, dès la paix venue, elle sera en mesure de fournir à l'industrie privée : aciers ordinaires, aciers spéciaux, aciers rapides, profilés de tous genres, tôles, feuillard, fil machine pour tous usages, roues et bandages divers. Nous avons surtout remarqué une importante présentation de ressorts de toutes formes, de toutes dimensions, fabrication dans laquelle les usines de la Compagnie se sont acquis une supériorité incontestée, et les beaux échantillons de produits réfractaires provenant de l'usine d'Assailly. Il faut aussi signaler la très intéressante collection d'aimants qu'avait envoyée l'usine d'Allevard : c'est là une fabrication qui est appelée à concurrencer avec succès les produits similaires allemands.

La Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt, par l'augmentation de son capital de 28 à 70 millions qu'elle vient de réaliser, avec ses 25 000 ouvriers et ses dix usines, sera, dès la fin de la guerre, un des plus puissants organes de l'essor industriel de notre pays.

Leflaive et Cie. — La maison Leflaive et Cie exposait, dans ses stands du quai de la Tête d'Or, un compresseur d'air, un groupe électro-pompe, une poupée de tour de 550 de hauteur de pointes, un ventilateur, deux régulateurs pour turbines hydrauliques, quelques échantillons de ses fabrications pour la Défense nationale et une série très intéressante de photographies et de dessins de ses principales spécialités.

Cette maison qui, depuis de nombreuses années, s'est consacrée aux différents problèmes de la construction mécanique et de la grosse chaudronnerie, a subi des développements successifs importants qui en font, à l'heure actuelle, une des plus importantes maisons françaises susceptibles de répondre à toutes les exigences de l'industrie moderne.

C'est ainsi qu'elle construit tout le matériel pour les installations complètes de mines, forges, aciéries, usines métallurgiques, laminoirs, stations centrales à vapeur et à gaz, stations centrales hydro-électriques, barrages métalliques et installations de prises d'eau, lavage et agglomération des charbons, grues, ponts et portiques roulants, etc.

L'une des divisions de la maison s'occupe plus spécialement des machines-outils et du gros outillage pour ateliers de construction, chaudronneries, fonderies, laminoirs et chantiers navals.

Société des Moteurs Chaléassière. — Cette Société, filiale de la maison Leflaive et Cie, exposait un groupe électrogène à huile lourde, de 50 kw, semblable à ceux fournis dès le temps de paix, au ministère de la Guerre pour plusieurs de nos forts de l'Est.

Les moteurs à combustion, construits par cette Société, utilisent tous les combustibles liquides tels que pétroles bruts ou rectifiés, naphtes, mazouts, huiles de schiste, huiles de houille, etc. Les usines de construction, à Saint-Etienne, ont été munies de l'outillage le plus perfectionné que l'on puisse trouver, et permettent la réalisation d'unités puissantes, robustes, souples, d'une conduite facile, présentant dans bien des cas, sur les autres systèmes de force motrice actuellement employés, des avantages incontestables.

Les séries de machines du type fixe ont été étudiées pour répondre aux principales applications que l'on peut rencontrer dans l'industrie : force motrice, groupes électrogènes pour stations centrales, groupes de secours pour stations hydro-électriques, etc.

Les machines marines, d'un poids et d'un encombrement moindres, qui exigent un personnel moins nombreux qu'avec la solution à vapeur, qui permettent d'être mises en route instantanément, conviennent à tous les problèmes de la navigation : remorqueurs, chalutiers, cargos, yachts de plaisance, paquebots, marine de guerre, etc.

La Société des Moteurs Chaléassière est, en outre, absolument indépendante de l'étranger en ce qui concerne les brevets visant tant les principes de ses machines que les dispositions générales ou détails d'exécution.

Régis Joya. — Les Ateliers de Construction Régis Joya, à Grenoble, créés en 1848, sont spécialisés dans les travaux de chaudronnerie fer et cuivre et de constructions métalliques.

Ils ont été les premiers à construire les conduites forcées haute pression installées aux Papeteries Bergès, à Lancey. Les installations faites par cette maison jusqu'à ce jour représentent plus de 600 000 ch.

Les Ateliers Régis Joya tiennent une place importante parmi les constructeurs de chaudières à vapeur et de grilles automatiques notamment avec leur chaudière à

Digitized by Google

« dérivations » et leur grille automatique à pile tournante. Ces Ateliers n'ont pas borné là leur activité ; ils établissent également tous les travaux de charpentes métalliques et de plus sont spécialement bien outillés pour la fabrication des pylônes métalliques destinés aux transports de force.

Anciens établissements F. Wenger. — Les Anciens établissements F. Wenger (Gallia), créés à Lyon en 1907, se sont rapidement spécialisés dans la manutention mécanique pour toute industrie ; ils se sont appliqués à créer des appareils d'une conception standardisée, très étudiés et construits de façon impeccable.

Leurs ateliers de Monplaisir, comportant forges, fonderie très moderne, ateliers de charpente et chaudronnerie, ateliers de mécanique et occupant 9 000 m², fournissent régulièrement à toute l'industrie les types les plus divers de transporteurs à toiles, à raclettes, à balancelles ; transporteurs-tables à chaînes, transporteurs-convoyeurs à godets, élévateurs-norias, monte-tonneaux, monte-sacs, descenseurs automatiques, vis d'Archimède et, indépendamment de ces appareils, en fournissent tous les éléments en pièces détachées depuis les chaînes et roues dentées de leur propre fabrication jusqu'aux réducteurs de vitesse, qui sont une des spécialités particulièrement réussie de ces établissements. Ces établissements n'ont pas tardé à conquérir une place marquante dans l'industrie, grâce aux qualités sérieuses de construction qui distinguent particulièrement leur matériel.

G. Pontille. — Parmi les industriels qui construisent les appareils de levage et de manutention, la maison G. Pontille, de Lyon, a rapidement occupé une place prépondérante. Fondée en 1897, elle fut successivement développée, agrandie et douée d'un matériel moderne. L'usine actuelle occupe une superficie presque entièrement couverte de 4 000 m² comportant : ateliers de charpente métallique, chaudronnerie et mécanique.

Nul n'ignore l'impérieuse nécessité pour toutes les industries de réduire la main-d'œuvre qui devient rare et coûteuse. A cet effet le matériel de levage et de manutention est l'un des plus recherchés. En raison de son utilisation intensive et des conditions les plus mauvaises d'entretien, il nécessite une construction impeccable, robuste, un fonctionnement simple, rapide et de sécurité absolue. C'est ce qu'à la suite d'études approfondies et de longues années d'expériences a pu réaliser la maison G. Pontille dans la fabrication de ses principales spécialités : monte-charges électriques de tous systèmes, et de toutes puissances ; treuils à pattes, à noix, à fonctionnement électrique ou à bras ; ponts roulants, grues fixes ou mobiles, transporteurs et élévateurs ; fermetures métalliques de tous systèmes ; fonctionnant électriquement ou à la main.

Les nombreuses installations faites dans les plus importantes firmes industrielles et commerciales, dans les grandes administrations d'État, guerre, marine, etc., constituent la meilleure preuve que ces fabrications sont appréciées et répondent bien aux installations modernes recherchées.

Ateliers Bonnet-Spazin. — Ces ateliers, créés en 1876, ont, au cours de la guerre, développé leurs installations et agrandi leur champ d'action en raison des besoins de la défense nationale pour les poudreries, ateliers de chargement et usines chimiques.

La maison Bonnet-Spazin construit des chaudières de tous modèles, mais elle a surtout développé la fabrication des chaudières à foyers intérieurs à haute pression avec fonds emboutis, foyers ondulés, vaporisateurs Galloway pourvus de plaques tubulaires spéciales, et aussi des chaudières de locomobiles et de locomotives pour chemins de fer départementaux à voie étroite.

La construction des gazomètres s'est étendue non seulement à la France et à ses colonies, mais à l'Italie, à l'Espagne, au Portugal, à la Roumanie et à la Grèce ; plusieurs types simples et télescopiques fournis avaient une capacité de 150 000 m³.

Les ateliers Bonnet-Spazin ont participé, à partir de 1897, à l'aménagement des hautes chutes par la fourniture de conduites forcées aux stations hydro-électriques. Actuellement, ils aménagent deux importantes chutes d'eau dans les Pyrénées et dans les Alpes, qui porteront à plus de 150 000 ch la force produite par les diverses installations hydrauliques à la construction desquelles ils ont coopéré.

La plus haute pression statique réalisée dans ces installations atteint 600 m d'eau, et les conduites ayant été éprouvées avec 40 pour 100 de surpression après achèvement du montage, la pression d'épreuves a atteint 14 kg : cm², à la base. D'autres conduites, au contraire, établies pour des débits considérables et de faibles hauteurs de chutes, atteignent jusqu'à 2,600 m de diamètre.

L'industrie chimique a utilisé, dans maintes occasions, le matériel Bonnet-Spazin et ce débouché a pris, depuis la guerre, une extension très importante.

Société générale des peintures sous-marines. — La peinture Ferrosoter est employée, en dehors des ateliers de constructions navales, par nos principales Sociétés de mécanique, d'électricité et nos compagnies de chemins de fer. Par sa résistance à la corrosion, aux agents atmosphériques, aux vapeurs et fumées d'usines cette peinture métallique française remplace avantageusement les marques étrangères.

Magnétos Déesse. — L'industrie des magnétos devient en France de plus en plus intéressante, aussi voyons-nous naître nombre de marques nouvelles. L'une d'elles, la magnéto Déesse, de Lyon, présente au salon de l'Automobile un modèle qui, par sa simplicité, réduit l'encombrement de 50 pour 100 par rapport au poids des magnétos actuelles. Son étanchéité est absolue, et sa forme cylindrique a l'avantage de pouvoir utiliser l'usinage en série et d'obtenir ainsi l'interchangeabilité des pièces.

Magnétos France. — La maison Labrosse et Estève a exposé un nouveau type de magnéto qui ne dif-

Digitized by Google

fère des modèles existants que par un dispositif spécial de rupture. Elle ne construit qu'une seule série correspondant aux plus petites puissances de moteurs, de 2 à 8 ch seulement.

***

La participation de la Suisse à la Foire de Lyon a été, cette année, très importante. Les maisons d'électricité et de mécanique ont particulièrement profité de cette exposition pour montrer aux visiteurs l'extension considérable prise par leur industrie depuis la guerre. Le Comité de la Foire de Lyon n'avait admis, à la suite d'un contrôle sévère, que des maisons présentant toutes garanties et reconnues pour leurs sentiments francophiles. Nous signalons celles qui ont le plus retenu notre attention.

Compagnie de l'Industrie électrique et mécanique. — La Compagnie de l'industrie électrique et mécanique, de Genève, dont la fondation remonte à 1883, s'est spécialisée dans la construction du matériel électrique en général, depuis le moteur électrique de 1/2 cheval jusqu'aux machines et transformateurs de grandes puissances pour toutes applications telles que transport de force à grande distance, courant triphasé et tout matériel pour courant continu série haute tension, machines spéciales pour électrochimie et électrométallurgie en général, traction à moyenne et haute tension, etc.

Elle a en outre réalisé de nombreuses installations de survolteurs dévolteurs automatiques pour traction, lumière avec réglage automatique. Enfin plusieurs de ses installations en France comportent des génératrices à courant continu à très haute tension pour télégraphie sans fil. Une machine de ce genre de 12 500 v-a figurait à la Foire de Lyon.

Ateliers H. Cuénod. — Les ateliers H. Cuénod de Genève, qui sont des spécialistes du réglage automatique de tous genres, exposaient quelques-uns des remarquables appareils qui ont fait leur réputation : régulateur de tension système R. Thury, régulateur d'électrodes de fours électriques, régulateur pour éclairage des trains et régulateur extra-rapide à pression d'huile. Ces appareil est caractérisé par sa précision, son extrême rapidité d'action et son fonctionnement entièrement mécanique indépendant de tout relais. Il corrige en 3/4 de seconde les variations les plus étendues, avec une approximation de ± 0,3 pour 100. C'est à notre connaissance, le régulateur électrique le plus précis qui existe actuellement.

Cette maison montrait encore des transformateurs à air libre, à bain d'huile, pour montage sur poteaux, dont elle s'est fait une spécialité, ainsi qu'une série de petits moteurs à courants continu et alternatif, d'une fabrication remarquable.

Landis et Gyr. — La maison Landis et Gyr, de Zug, a exposé, comme l'année précédente, une intéressante série de compteurs d'électricité, d'interrupteurs horaires automatiques et de wattmètres industriels.

Ses compteurs, bien connus des distributeurs français d'énergie, sont d'une fabrication simple et très soignée. Ses interrupteurs horaires automatiques pour éclairage de rues, cages d'escaliers, etc., présentent à l'heure actuelle, un grand intérêt par suite du manque de main-d'œuvre. Ses wattmètres industriels (système Ferraris) sont construits aussi bien comme instruments de tableaux que comme wattmètres portatifs.

Cette maison construit tous les systèmes de compteurs tels que compteurs à double tarif, à dépassement, à indicateur de maximum, à double tarif, à bobines subdivisées, etc.

Movo. — La maison « Movo », Fabrique d'appareils électriques de Vevey, construit : des interrupteurs blindés dans coffrets en fonte ; disjoncteurs automatiques à tension nulle et courant maximum et minimum ; interrupteurs à distance ; interrupteurs à flotteur et à pression pour moteurs actionnant des pompes ou des compresseurs ; coffrets de branchement avec coupe-circuits à poignées amovibles ; interrupteurs, commutateurs rotatifs en boîte de tôle ; limiteurs de courant pour les installations électriques à forfait ; prises de courant avec fiches.

Ces appareils très robustes et d'une exécution soignée garantissent un fonctionnement sûr et durable.

Schutz. — La maison Schutz, Fabrique de machines de Nyon, présentait dans son stand de nombreuses machines-outils de grande précision et d'un fini irréprochable.

On remarquait tout spécialement, parmi d'autres tours, un tour parallèle moderne, d'une construction soignée et de grande puissance de production. Ce tour permet le tournage d'arbres, boulons et autres pièces en série, avec une rapidité inconnue jusqu'à ce jour. Il trouve son emploi surtout dans les usines travaillant la mécanique en général ainsi que dans les fabriques de boulonnerie, de machines agricoles et filatures dans lesquelles se présente fréquemment l'usinage d'axes, d'arbres et de boulons de même dimension et dont le tournage serait difficile, même impossible sur des tours « revolver » dont la course est limitée.

Signalons également comme spécialité de la maison Schutz une série de machines à percer du plus petit au plus grand modèle, construites soigneusement. Il convient de souligner l'effort consciencieux que fait constamment la maison Schutz pour fournir aux industriels des machines de premier ordre afin de permettre à ces derniers d'être prêts pour la lutte industrielle de demain.

A. Voumard. — M. A. Voumard, ingénieur à Tramelan, est un constructeur spécialiste de machines-outils. Ses tours à rectifier, ses tours revolver à cinq outils ont trouvé, à la Foire de Lyon, des appréciateurs et surtout de nombreux acheteurs.

La construction soignée qui préside à l'établissement de ce matériel méritait pareil succès.

(A suivre). J. N.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Congrès général du Génie civil (*Suite*)

La section « Electricité », présidée par M. Jean Rey, a présenté trois rapports à ce Congrès. Dans le précédent numéro, nous avons publié une analyse de celui de son président sur l'utilisation des forces naturelles pour la production de l'énergie électrique. On trouvera ci-dessous l'analyse des deux autres rapports.

TRAVAUX DE LA SECTION « ÉLECTRICITÉ »

Sur les communications téléphoniques, télégraphiques, radiographiques et postales (1).

I. — **L'organisation des P. T. T.** — Il semble, dit le rapporteur, dans l'état du progrès moderne, que rien ne soit plus facile que d'arriver à la perfection de l'utilisation des Postes, Télégraphes et Téléphones.

« Et, ajoute-t-il, c'est la vérité : un homme énergique, dégagé de la gangue administrative, pourrait établir, organiser, exploiter, en un temps relativement court, tout un système télégraphique et téléphonique, apte à rendre à ce pays des services immenses, indispensables à la marche normale de ses affaires.

» C'est que personne, parmi les responsables, n'a jamais eu le pouvoir d'agir, ou plutôt c'est parce qu'il n'y a pas de responsables, parmi les hommes compétents, à même d'agir.

» L'Administration des P. T. T. est organisée pour ne rien faire, non pas qu'elle n'ait compté et ne compte encore des fonctionnaires de haute intelligence, de grande habileté, d'excellents ingénieurs, des agents actifs et dévoués, mais toutes ces volontés sont étouffées par l'organisation. »

Après cette introduction, M. Girardeau cherche à dégager des rapports établis chaque année depuis 1898, par les Commissions de la Chambre et du Sénat sur les projets des budgets des Postes et Télégraphes, les principes d'une organisation de cette administration ; il constate que la plupart des auteurs de ces rapports ont insisté pour l'établissement d'un budget *industriel*, pour une exploitation *industrielle*, et que cependant, « malgré toutes les protestations, ni l'organisation, ni la direction, ni la mentalité, n'ont jamais été « industrielles » dans cette administration ».

Le rapporteur examine alors les moyens pratiques d'exploitation industrielle. Voici ce qu'il écrit sur ces moyens :

« Le premier principe d'organisation industrielle est de créer, de préciser, de délimiter les responsabilités A côté des sanctions négatives, il faut établir la contrepartie et instaurer un régime de récompenses proportionnées aux *résultats*.

» Personne ne conteste l'efficacité de cet étau dans lequel chaque homme de commerce et d'industrie se trouve pris : la faillite d'un côté, la fortune de l'autre. On n'a jamais trouvé de meilleur stimulant que l'intérêt à l'activité humaine.

» Or, ici, nous nous trouvons en présence d'une organisation de fonctionnaires. Il est infiniment honorable pour un pays de compter des agents d'administration désintéressés, qui, par seul sentiment du devoir, bien plus que par intérêt, accomplissent avec zèle des travaux difficiles absorbant toutes leurs forces, toute leur intelligence, toute leur âme. Mais dans les voies de l'initiative et du progrès, nous serons supplantés par les nations d'esprit plus pratique, rémunérant bien qui travaille bien. L'argent qui paye le travail n'avilit pas la main qui l'a gagné.

» Il faut que les fonctionnaires qui déterminent les *résultats* soient *responsables* et *intéressés*.

» Sans quoi, il n'y a pas d'exploitation *industrielle*. Aussi, jusqu'ici, il n'y en a pas, il n'y en a jamais eu.

» Tout est subordonné à des commissions, qui sont l'organisme par excellence de l'irresponsabilité. *Pas un* homme, pas un chef, des commissions.

» J'affirme d'une façon tout à fait nette que c'est le vice le plus grave de l'administration ; certain de n'être contredit, ni par l'Administration elle-même, ni par son chef suprême, le ministre du Commerce, qui s'exprimait ainsi le 1er septembre 1917, dans son rapport au président du Conseil, sur la réorganisation du service des P. T. T.

« L'extension du rôle de l'Administration, ses attribu-
» tions multiples ont provoqué une réglementation très
» complexe, puisqu'elle touche à des objets très diffé-
» rents. Élaborés à des époques diverses, pendant les
» périodes d'essais, ces règlements manquent de liaison
» entre eux, et, ce qui est plus grave, ils ne répondent
» pas au besoin de clarté, de simplicité, si impérieux

(1) Rapport de M. Emile Girardeau.

Digitized by Google

» dans une exploitation qui réclame, avant tout, de la » rapidité et de la sûreté dans l'exécution d'opérations » sans cesse plus nombreuses. Il serait injuste de » méconnaître ce qui a déjà été fait aux fins des adapta- » tions et des coordinations nécessaires, mais il s'en » faut que tout esprit de routine ait complètement dis- » paru des instructions administratives. C'est à lui » qu'on doit certains abus dans les précautions, même » certaines bizarreries, qui suscitent les doléances légi- » times du public.

» Par suite de cet état de choses, l'organisme admi- » nistratif avec son étroite centralisation, l'arsenal de » ses règles minutieuses et parfois contradictoires, ne » présente pas toujours une souplesse suffisante pour » se plier à une exploitation rationnelle.

» Une revision des méthodes administratives et des » pratiques d'exploitation s'impose ; il faut réduire la » paperasserie, activer la solution des affaires, élaborer » des règlements simples et n'exiger, pour chaque » opération, que le minimum de manœuvres et de temps. » On connaît les heureuses conséquences qui en résul- » teront forcément ; célérité plus grande dans l'exécu- « tion, meilleur rendement du matériel et du personnel ; » rapidité de solution dans les affaires ; diminution de » frais : en fin de compte, amélioration évidente du » coefficient d'exploitation. »

» Ce programme sera rempli si l'on supprime les commissions et si l'on oblige chaque fonctionnaire à prendre les décisions compatibles avec sa compétence et son autorité. Ceci entraîne forcément la décentralisation, dont le ministre du Commerce s'est déclaré un partisan résolu (rapport déjà cité à M. le président du Conseil).

» Ainsi les bureaux de poste sont sales, mais sales à un tel point que les Parisiens n'imaginent pas. On rougit de honte en allant porter un télégramme au bureau de Nantes dont la crasse humide lambrisse les murs. Le public n'entrerait jamais dans un magasin aussi mal tenu.

» Pour obtenir de la peinture, il faut des rapports, des crédits... enfin, le directeur de Nantes doit en référer au ministre, c'est-à-dire aux bureaux du ministère, qui répondent si lentement : Il faut *décentraliser*.

» On lutte contre la tuberculose, on dépense beaucoup pour arracher à la mort les malheureux agents qui ont gagné la maladie dans l'atmosphère humide et pestilentielle des bureaux ! Il faut laver les bureaux, les peindre, y exiger de l'ordre, des ustensiles propres et pratiques. L'Administration n'a pas trouvé le moyen de procurer au public le moyen d'écrire, sans se tacher les mains.

» Naturellement, on rejette toute la responsabilité sur le public. Le public est malpropre, peu soigneux, etc...

» Le même public va dans les banques, les grands magasins, les hôtels, et là tout est propre et pratique. Nous connaissons des usines où l'on manipule de l'huile, de la graisse, du charbon, les tournures métalliques, et qui sont plus propres que les bureaux de postes du centre de Paris, cependant les mieux tenus.

» Pas de commission : un inspecteur unique suffit qui, muni des pouvoirs nécessaires, contrôlera la bonne tenue de tous les bureaux de poste de France, assurée par les directeurs et les receveurs. L'inspecteur hygiéniste, peintre, nettoyeur, sera bien payé ; il économisera une commission (qui est bien plus coûteuse), il sauvera la vie de cent agents peut-être chaque année et de combien d'autres personnes obligées d'aller respirer la tuberculose des bureaux de poste.

» Si les bureaux ne sont pas propres, l'inspecteur sera révoqué, mais les bureaux seront propres.

» On s'est mépris sur le rôle des commissions et des comités.

» Une question intéressant divers services doit être étudiée en collaboration avec les représentants de ces divers services. La mauvaise méthode d'application de ce principe est de nommer une commission pour cette étude. La bonne méthode est une conversation entre le chef et les divers fonctionnaires dont l'avis est utile. On se met d'accord, après avoir discuté ; puis le chef prend la responsabilité de décider ou, s'il ne peut décider lui-même, de proposer une solution à son chef, en l'éclairant en même temps sur les motifs et les conséquences.

» Au lieu des complications, des cérémonies, de la paperasserie, qu'entraîne une commission, nous apercevons qu'avec le système laissant aux chefs leur responsabilité propre, tout se règle par des conversations amicales, résumées par des notes succinctes et substantielles, contenant surtout des chiffres. Dans la majorité des cas, on perd son temps lorsqu'on ne parle pas « chiffres » parce que le chiffre est la *précision même*. Au contraire, la plupart des rapports administratifs et des commissions donnent le malaise du vague.

» Pour aboutir à quoi que ce soit, il faut abolir le système des commissions.

» Notre Administration compte assez de fonctionnaires intelligents et d'ingénieurs compétents, auxquels on peut faire confiance, et qui agiront dès que les commissions ne les paralyseront plus. La seule tutelle admissible et nécessaire est celle qui préside aux destinées des industries : le Conseil d'administration, contrôlé lui-même par l'Assemblée générale des actionnaires, en l'espèce, le *Public*, le *Parlement* pour l'industrie d'État des P. T. T.

» Il existe déjà un organisme appelé aux P. T. T. le *Conseil d'administration* qui vient de voir élargir ses attributions. C'est un pas nouveau dans une voie que nous désirons plus directe, plus large. Le Conseil d'administration, réorganisé par le décret du 13 juillet 1917, est une *commission des commissions*. Il est, en effet, composé des représentants des diverses commissions et comités : ses fonctions sont définies de la manière suivante dans le rapport de M. le ministre du Commerce le 1er septembre 1917 : « Le moteur qui doit régler l'ac- « tion de tous les rouages administratifs. » Nous sommes d'avis que le Conseil d'administration doit être autre chose et plus encore. Le Conseil est le représentant des actionnaires, c'est-à-dire du public.

» Il doit être *souverain*, *responsable* et *intéressé*, sous le contrôle du Parlement.

Digitized by Google

» Il doit détenir le *pouvoir*, sous la présidence du ministre, et déléguer les fractions de ce pouvoir à des administrateurs et à des directeurs également responsables et intéressés.

» Il doit comprendre des représentants du Parlement, de l'Administration, du personnel, du commerce, de l'industrie, de la presse, du public, et ses membres doivent être nommés, non point par le ministre, c'est-à-dire par les bureaux, mais par les corps et associations.

» Il importe que le Sénat désigne son représentant, la Chambre le sien, le Personnel un ou deux, que les Chambres de Commerce élisent un commerçant, que le Syndicat professionnel des Industries électriques ait ses délégués, que la Société des Ingénieurs civils ait le sien, ainsi que ce Congrès s'il devient permanent, de même pour les Associations de la Presse, qui représente aussi le grand public.

» Enfin, il faudra faire une place aux représentants des obligataires que nous allons proposer de créer tout à l'heure.

» Il importe toutefois que le nombre des membres ne soit pas supérieur à 12.

» Les délégués de ce Conseil pourront être des hauts fonctionnaires de l'Administration. Le Conseil les désignera.

» Je sais que tout ceci va à l'encontre des idées ancrées dans les milieux administratifs. Ma seule réponse sera qu'il faut, ou renoncer à ces idées d'avant 1914, ou périr.

» Encore la solution que je propose est-elle d'une application pratique, facile, possible immédiatement. J'aurais pu démontrer que la solution la plus conforme aux intérêts financiers du pays eût été de faire passer l'exploitation des P. T. T. aux mains de l'industrie, en régie intéressée, mais c'eût été faire abstraction de points de vue autres que le point de vue financier. Ce que je demande ne porte aucune atteinte aux principes de souveraineté nationale et de monopole des Postes et Télégraphes.

» Les administrateurs, les directeurs seront, nous le répétons, responsables et intéressés. Que leur intérêt ne porte que sur l'accroissement des profits, ce sera justice. Que l'on fasse même la courbe de ces profits depuis dix ans, qu'on prolonge la courbe et que la participation de ce haut personnel ne porte que sur l'accroissement au-dessus de cette courbe, ce sera encore justice. »

II. — **Les dépenses et les recettes.** — Mais il ne suffit pas d'intéresser le grand état-major des P. T. T. au rendement de cette administration; il faut aussi augmenter les traitements des 110000 autres agents, sous-agents et ouvriers. Dans son rapport sur le budget de 1912, M. le sénateur Dupont établit que le coût de la vie a augmenté d'au moins de 20 pour 100 entre 1900 et 1911, alors que l'augmentation des traitements pendant la même période n'a été que de 5 pour 100 pour ceux au-dessous de 3000 fr, de 3 pour 100 pour ceux compris entre 3000 fr et 6000 fr, de 1 pour 100 seulement pour les traitements de 6000 fr à 12000 fr. Comme le coût de la vie a encore augmenté depuis 1911 et que, sans tenir compte de certaines hausses exceptionnelles, on peut le considérer comme double de ce qu'il était en 1900, M. Girardeau, se basant sur le total des salaires et traitements (121414066 fr) payés en 1899 pour 74932 agents, estime qu'il faudra compter désormais sur une dépense correspondante de 350 millions de francs pour 110000 agents.

Cette augmentation des dépenses créerait un trou d'environ 100 millions. Ce trou peut-il être comblé par une augmentation des recettes? L'examen des tableaux des recettes de 1900 à 1912 montre qu'il ne saurait y avoir aucun doute à cet égard, surtout si l'on tient compte de ce que le service a toujours été incapable de satisfaire aux demandes du public.

M. Girardeau fait d'ailleurs remarquer que ce sont les fonctionnaires des Postes, Télégraphes et Téléphones eux-mêmes qui fournissent la solution de la question de l'augmentation des recettes, et, à l'appui de cette opinion, il cite quelques passages de rapports faits par M. Valensi, ingénieur, et par M. Pomey, ingénieur en chef des Télégraphes, à leur retour d'une mission aux États-Unis, et qui ont été reproduits en partie dans ces colonnes (1). Cette solution serait donc un développement de nos services postaux, télégraphiques et téléphoniques proportionnellement comparable à celui qu'il a pris aux États-Unis; rien que pour le téléphone on obtiendrait alors une recette de 580 millions au lieu des 50 millions, sans compter que les économies de temps et de frais de déplacement résultant de cette extension du téléphone atteindraient plus d'un milliard et demi.

III. — **Programme pratique.** — Dans les quelques pages du rapport consacrées à ce programme, M. Girardeau insiste sur la nécessité de tout d'abord assurer une bonne organisation, puis de perfectionner notre outillage, lequel, principalement pour la poste et le téléphone, est dans une situation lamentable, enfin d'établir un budget des Postes, Télégraphes et Téléphones sur des bases vraiment industrielles. Il insiste également sur la nécessité d'organiser la télégraphie sans fil qui « est à peu près inexistante en France en tant que moyen à la disposition du public ».

Conclusions. — Nous les reproduisons in extenso.

« 1° PENDANT LA GUERRE. — Il ne s'agit nullement, dans notre pensée, d'une organisation d'avenir et à plus ou moins longue échéance, selon le retard de la paix, mais, tout au contraire, d'un projet de *réalisation immédiate*.

» Nous sommes persuadés que la léthargie actuelle du téléphone est une faute que chaque jour qui passe aggrave.

(1) Les postes, télégraphes et téléphones aux Etats-Unis, J.-B. POMEY, *R. G. E.* 2 février 1918, t. III, p. 182. — Le téléphone aux Etats-Unis; G. VALENSI. *R. G. E.*, 9 février 1918, t. III, p. 232. — La standardisation aux Etats-Unis. J.-B. POMEY. *R. G. E.*, 16 février 1918, t. III, p. 261.

Digitized by Google

» Pour réserver le plus d'acier possible aux canons, on a laissé dormir les chantiers navals pendant trop longtemps. Ce fut une erreur lourde; une tonne d'acier employée à construire un cargo aurait rapporté en France, un an après avoir formé les flancs du navire, dix tonnes d'acier. Un canon de moins aujourd'hui, dix de plus dans un an, telle devait être la formule. *Des navires, encore des navires, toujours des navires,* dit M. Lloyd George.

» Je reprends cette formule pour le téléphone.

» On a développé l'emploi de la force motrice, les usines se sont multipliées, l'activité nationale est prodigieuse, les sources d'énergie et les moyens de transport ne suffisent plus, la crise de main-d'œuvre est fatalement issue de cette situation : plus assez de charbon, plus assez d'essence, plus assez d'hommes.

» Or, qu'est-ce que le téléphone?

» Un moyen d'éviter des transports : charbon, essence, cuir des chaussures, et d'économiser le temps (c'est-à-dire de la main-d'œuvre, des hommes).

» Or, le développement du téléphone est *interdit*. Est-ce par raison de sécurité nationale? Cette entrave ne pourrait, en tout cas, s'appliquer qu'à des communications à longue distance et limitée à la zone des armées et aux départements frontières. Tandis que nous connaissons des refus signifiés pour des lignes destinées à relier au réseau de Paris des usines de banlieue travaillant à la défense nationale, ce qui exclut toute raison de sécurité.

» Ce n'est pas à cause du manque de main-d'œuvre; les téléphones sont fabriqués et exploités par des femmes, il n'y a pas trop de travail pour les femmes, il n'y en a pas assez. Quand nous demandons 10 bobineuses, il s'en présente 100 ; il s'agit d'un travail qui commence, même en hiver, à 6.30h du matin, dans une ville où les moyens de transport sont des plus défectueux, le salaire varie de 6.50 fr à 9 fr selon le travail, qui est souvent plus pénible qu'on pourrait le croire. Ce fait dénote que les femmes de France manquent plus de travail que de courage, même pendant la guerre.

» Est-ce pour économiser le cuivre?

» C'est donc le même raisonnement superficiel qui fit négliger la construction des navires. Une tonne de cuivre pour le téléphone est d'un *rendement immense* au seul point de vue de la défense nationale. Or, on refusait du cuivre pour le téléphone, indispensable à la vitalité du pays, pendant qu'on tolérait le pavage des chemins avec des douilles d'obus.

» Il est regrettable que le rendement de la matière dans chacun de ses emplois n'ait pas été déterminé par un service supérieur, chargé de la répartition des matières disponibles. Ce qui apparaîtrait alors clairement, c'est une concordance, plus fréquente qu'on pourrait le croire a priori, entre les *besoins de la défense nationale* et ceux de l'*économie permanente* de la nation.

» Que de fautes ont été commises au nom de nécessités militaires immédiates, en l'absence de programme, de principes, d'études approfondies et de souci du lendemain, pas même du lendemain de paix, mais du lendemain pénible qui précédera l'heure de la victoire.

» 2° APRÈS LA GUERRE. — Quand celle-ci aura sonné, il sera trop tard pour préparer la solution des crises qui naîtront du nouvel état de choses. Il faut y songer dès maintenant si nous voulons éviter des heures plus sombres que celles que nous vivons.

» Nous faisons abstraction de ce que l'ennemi devra restituer.

» Toutes les espérances sont permises et nous les partageons, mais notre rôle est de regarder aussi d'un autre côté.

» Le budget français d'après-guerre dépassera 12 milliards, peut-être 15. C'est un chiffre voisin de la moitié du montant de la production française annuelle avant 1914. Un pays qui doit la moitié de sa production est perdu. Il faut donc, pour que la France vive, que la production soit augmentée, doublée, triplée et davantage encore.

» Ne comptons point pour cela sur l'accroissement de population ; la repopulation est un bon moyen, mais il est lent et nous nous refuserons à nous laisser coloniser par qui que ce soit. Reste l'accroissement du rendement. Au lieu de produire 1 000 fr par tête, il faut arriver à 2 000, 3 000 et plus. Or, toutes les espérances sont fondées sur ce terrain. La multiplication de la force motrice est déjà un signe, la dépréciation de l'argent en est un autre. Ce dernier phénomène économique, qui correspond à un véritable changement d'unité, est, il est vrai, peu favorable aux rentiers d'avant-guerre, mais c'est un fait qu'il convient de constater, non d'apprécier.

» Dans le but d'accroître le rendement, c'est-à-dire de réaliser plus de production avec la même population, *il faut exalter tous les procédés d'organisation et d'outillage qui permettent d'économiser le temps.*

» L'industrie n'y a pas manqué.

» Qu'elle entraîne maintenant l'administration.

» La poste, le télégraphe, le téléphone, la télégraphie sans fil sont des moyens *d'économiser le temps*, il faut les développer à outrance, les perfectionner, les faire *rendre* au maximum, comme pour une vaste industrie ayant devant elle une clientèle immense et dont les besoins ne cessent de croître. Il faut employer les mêmes moyens d'accroître le *rendement* que dans l'industrie moderne.

» Les concours financiers et techniques indispensables ne seront point ménagés à l'administration par le public français, ni la confiance, ni la sympathie.

» C'est dans cet esprit que nous proposons le vote de la motion suivante et que nous avons ébauché, à titre de suggestion, le présent projet de loi pour la réorganisation des postes, télégraphes et téléphones.

» *Projet de motion* à envoyer à tous les membres du gouvernement et du Parlement :

» Le Congrès général du Génie civil attire l'attention
» de MM. les membres du gouvernement et du Parle-
» ment sur l'insuffisance de la poste, du télégraphe et du
» téléphone. Il signale particulièrement que la France
» se trouve au dernier rang des grandes nations civili-

Digitized by Google

» sées, au point de vue du développement du téléphone, » et qu'il en résulte une perte annuelle de plusieurs cen- » taines de millions de recettes pour le budget et de » bien plus encore pour la nation.

» Le Congrès signale aux pouvoirs publics la néces- » sité de faire représenter l'industrie et le commerce » français au sein de l'administration des P. T. T. par « des membres qui seront désignés par leurs Associa- » tions respectives ».

» 3° SUGGESTIONS POUR UN PROJET DE LOI. — *Art. I.* — Il est institué un Conseil d'administration des communications postales, électriques et radio-électriques.

» *Art. II.* — Le Conseil est composé :

» De M. le ministre compétent, président;

» D'un vice-président, nommé par le ministre;

» De 12 membres, comprenant :

» Le président de la Commission des P. T. T. au Sénat;

» Le président de la Commission des P. T. T. à la Chambre;

» Deux membres élus par le personnel de l'Administration;

» 1 par les fonctionnaires et agents, 1 par les sous-agents et ouvriers;

» Trois membres désignés par le Syndicat professionnel des Industries électriques (télégraphie et téléphonie, câbles, télégraphie sans fil);

» Un membre désigné par la Société des Ingénieurs civils;

» Un membre désigné par l'Association des présidents de Chambres de commerce;

» Un membre désigné par le Comité général des Associations de presse;

» Deux membres élus par les obligataires lorsque l'Administration aura émis des obligations.

» *Art. III.* — Les membres sont élus pour 6 ans; à l'expiration de chaque période, le Conseil sera renouvelé en entier.

» Les administrateurs sortants sont rééligibles.

» Le Conseil désigne un ou plusieurs secrétaires qui pourront être pris en dehors du Conseil.

» *Art. IV.* — Le Conseil propose au ministre, qui les nomme, les directeurs de l'Administration centrale et les inspecteurs généraux; il confie à certains de ces membres ou à des personnes prises en dehors du Conseil, toutes missions, permanentes ou non, qu'il juge utiles, dans un objet d'étude, d'actes ou de contrôle, et détermine les pouvoirs desdites personnes.

» *Art. V.* — Le Conseil d'administration se réunit sur convocation de son président ou vice-président ou de trois de ses membres et au moins deux fois par mois.

» *Art. VI.* — Le Conseil d'administration est investi des pouvoirs suivants :

» 1° Il formule les règles selon lesquelles doivent être établis : les traités, les marchés de toute nature et entreprises à forfait ou autrement, les achats de terrains et immeubles nécessaires aux besoins de l'Administration et les reventes de ceux qui seraient par lui jugés inutiles, ainsi que tous baux, locations et cessions de baux, les achats, échanges ou ventes de tous biens meubles;

» 2° Il établit le projet des dépenses générales d'exploitation;

» 3° Il peut proposer de contracter des emprunts par voie d'émission d'obligations, pour lesquels le ministre doit demander l'autorisation spéciale du Parlement;

» 4° Le Conseil décide la création ou la suppression de tous comités directeurs, techniques et consultatifs;

» 5° Il dresse les états de situation, les inventaires et les comptes qui doivent être soumis chaque année aux Commissions parlementaires, ainsi que le rapport sur sa gestion et sur la situation.

» *Art. VII.* — Le ministre fournira au Conseil d'administration, comme point de départ, les éléments nécessaires au compte de premier établissement.

» Les comptes de situation et les bilans seront établis suivant les méthodes industrielles.

» *Art. VIII.* — Chaque année, une partie des accroissements de profits sera attribuée à des participations en faveur des cadres du personnel et en améliorations des salaires du personnel, une partie sera également attribuée aux membres du Conseil d'administration. »

L'amélioration des moyens de transports par l'électrification (1).

Dans ce rapport M. de France s'occupe des transports par voies ferrées d'intérêt général ou d'intérêt local et, incidemment des transports par voie fluviale ou par canaux.

I. Après quelques préliminaires sur la nécessité dans laquelle nous nous trouverons d'économiser le combustible et la main-d'œuvre, l'auteur passe en revue les divers avantages que présente la traction électrique. De ces avantages, que connaissent bien nos lecteurs, nous ne rappellerons que les suivants formulés par M. Wilgus à la suite d'études comparatives sur des locomotives à vapeur et des locomotives électriques du New-York Central Railroad : les frais de réparation sont réduits de 19 pour 100; le temps d'immobilisation, de 18 pour 100; les frais en service de remorque, de 12 pour 100; ceux en service de ligne, de 27 pour 100; ceux en service de manœuvre de 21 pour 100; le nombre de tonnes-kilomètres journalier est augmenté de 25 pour 100.

Le rapporteur expose ensuite les essais les plus récents de traction électrique effectués aux États-Unis, en Italie, en Suisse, en Belgique et en France, ainsi que les études qui se poursuivent dans ces divers pays en vue de développer ce mode de traction, puis il évalue, d'après les données fournies par plusieurs spécialistes, les charges financières résultant de son adoption.

Il termine cette partie de son rapport en signalant la nécessité « de la transformation la plus immédiate possible de tous les moyens employés par les compagnies de chemins de fer pour la manutention des colis, le chargement des wagons, l'éclairage des gares et des

(1) Rapport de M. DE FRANCE.

Digitized by Google

signaux, les mouvements dans les gares de triage et même dans les gares principales, les aiguillages à distance, etc. » ainsi que la nécessité « de développer les raccordements des lignes de chemins de fer avec les canaux, avec les rivières canalisées, avec les ports intérieurs, avec les gares d'eau qu'il faudra créer pour favoriser les échanges entre nos diverses usines, soit entre elles, soit avec l'étranger ».

II. Dans la seconde partie, le rapporteur examine les moyens propres à réaliser l'électrification des chemins de fer. Voici ce qu'il écrit à ce sujet :

« L'amélioration de nos moyens de transport par l'électrification apparaît comme une nécessité.

» Les résultats que je vous ai soumis justifient non seulement l'étude de cette amélioration, mais sa réalisation prochaine et progressive sur toutes les lignes de banlieue, les lignes de montagne ou à profil accidenté et dans les cas où la traction électrique, sans réaliser des avantages économiques réels, apporte, en avantages généraux, une amélioration très certaine au fonctionnement de la traction.

» Cependant, quand on envisage les moyens, on se heurte à la question financière; c'est d'ailleurs la seule qui préoccupe le Parlement et je ne vous surprendrai pas en vous confirmant que, dans tous les rapports de la Commission du budget depuis 1910, les rapporteurs des chemins de fer de l'État et des conventions et garanties d'intérêt n'ont admis qu'une solution : le rachat des chemins de fer.

» En 1914, M. Chautemps s'exprimait ainsi : « Les « charges des Compagnies vont graduellement s'aug- « menter de tous les travaux complémentaires dont la « nécessité se fera de plus en plus impérieusement « sentir. Il faudra en effet songer à l'amélioration de la « capacité de résistance des voies, à l'augmentation de « la puissance des machines, peut-être même très pro- « chainement à une généralisation de l'électrification « des principales lignes en vue de réaliser des vitesses « plus grandes, au doublement de certaines d'entre « elles »; et il concluait que, devant la cherté des emprunts futurs et des courts délais à courir jusqu'à l'expiration de leur concession, les Compagnies devant amortir avant la fin de ces concessions leurs emprunts antérieurs et leurs emprunts ultérieurs nécessités par les lignes neuves, les travaux complémentaires et l'acquisition du matériel, feraient au public des appels de fonds de plus en plus rares et arrêteraient ainsi l'essor de nos transports par voies ferrées.

» Pour maintenir dans leur état de progrès nos lignes de chemins de fer et éviter cet arrêt de notre source de richesse, il fallait envisager le rachat par l'État. M. Chautemps se défendait cependant d'en parler, ajoutant que cette solution avait toutes ses préférences et que, certainement, un très grand nombre d'adversaires de cette mesure l'adopteraient lorsque l'expérience aurait surabondamment démontré que les avantages de l'exploitation directe par l'État ne le cédaient en rien à ceux de l'exploitation par les régies intéressées que sont en réalité les grandes Compagnies de chemins de fer!

» Les résultats de l'exploitation de nos chemins de fer de l'État ne sont pas cependant de nature à encourager cette opinion du Parlement, qui, il faut l'espérer, subira un revirement que nous devons contribuer à faire naître par tous les moyens de publicité dont nous disposons et, notamment, par la manifestation de ce Congrès.

» M. Péchadre, ancien rapporteur de la Commission du budget, dans un article sur le renouvellement des conventions, constatait que, d'une façon générale, on observait déjà ce revirement relativement à la municipalisation ou à l'étatisation des services de transport.

» L'exemple des résultats du rachat de la Compagnie de l'Ouest a fortement impressionné ceux qui ne sont pas de parti pris.

» Le réseau de l'État est actuellement en déficit de 90 000 000 fr alors que la Compagnie de l'Ouest n'avait jamais fait appel à la garantie de l'État pour des sommes supérieures à 25 000 000 fr.

» M. Colson, dans un article de la « Revue parlementaire » de mai 1914, examinant les résultats de l'exploitation des chemins de fer d'intérêt général pendant les années 1911-1912 et 1913, en France, en Angleterre et en Allemagne, ne craignait pas de conclure que les résultats comparatifs de l'exploitation des Compagnies concessionnaires ou des régies d'État, faisaient éclater le caractère dispendieux de ces dernières avec un excès qui confirmait l'opinion souvent exprimée par lui sur l'incompatibilité des industries d'État avec un régime démocratique et parlementaire.

» Des chiffres qu'il citait, il ressort que sur les chemins de fer de l'État français le produit net présentait une diminution de 33 000 000 fr pendant qu'il augmentait de 11 000 000 pour les autres compagnies.

» En 1913, le coefficient d'exploitation était tombé de 89 à 85 pour 100 grâce à une compression des dépenses, tandis que sur les réseaux concédés, ce coefficient variait de 55 pour 100 pour le Midi avec une recette kilométrique de 37 000 fr ; à 61,3 pour 100 pour le Nord, avec une recette kilométrique de 87 600 fr.

» Le coefficient d'exploitation des chemins de fer allemands, souvent cités comme exemple, était de 66 pour 100 en 1913 avec une recette kilométrique de 72 000 fr, supérieur de 4,4 unités au plus mauvais coefficient de nos compagnies concessionnaires.

» Il n'est pas inutile de constater que, pour une recette kilométrique de 36 000 fr, le réseau d'État avait à cette époque par kilomètre 8,20 agents, tandis que le Midi, avec une recette kilométrique de 37 000 fr, n'en employait que 6,68.

» En Suisse, où les partisans du rachat pourraient prendre leur exemple, il faut conclure, d'après les résultats d'ensemble acquis, qu'il n'a pas répondu aux promesses de ses promoteurs et que le public, le personnel et la nation, étaient loin d'en avoir retiré tous les avantages qu'ils avaient espérés.

» Après la guerre, devant le problème financier qui se

Digitized by Google

dressera, il ne sera pas possible de se payer les fantaisies coûteuses de la régie d'État; il faudra accorder aux Compagnies concessionnaires toutes les garanties dont elles ont besoin pour réaliser en toute sécurité les améliorations qui seront reconnues nécessaires.

» L'objection de la dépense très importante qu'il y a lieu d'envisager dès maintenant pour la revision complète du matériel roulant, l'entretien des voies, des gares, etc., la reconstitution de nos lignes dans les régions envahies — dépenses qui se chiffrent à l'heure actuelle par plus de 4 milliards — oblige les meilleurs esprits à se poser la question de savoir s'il faut entreprendre des transformations aussi radicales que celles que nous étudions, qui se chiffreront aussi, de leur côté, par plusieurs milliards.

» Ce n'est pas une solution immédiate que nous demandons, c'est une solution progressive, appliquée le plus rapidement possible et suivant les circonstances, aux cas particuliers, qui, certainement, par leurs résultats, doivent rémunérer les capitaux investis; l'étude généralisée de la question permettrait, en tout cas, par l'établissement d'un programme d'après-guerre, d'entreprendre cette transformation, au fur et à mesure, partout où elle est nécessaire.

» Pour l'assurer, il n'y a pas d'autres moyens que de prolonger les concessions actuelles d'une durée minimum de 75 ans qui, s'ajoutant à la durée des concessions actuelles, procureraient aux Compagnies, tout le délai nécessaire pour amortir et leurs installations anciennes et leurs dépenses de réfection provisoire et leurs dépenses d'amélioration par l'électrification.

» Il faudrait, dans cet esprit, reviser largement les conventions de 1883, résoudre toutes les questions si complexes des engagements de l'État vis-à-vis des Compagnies ou réciproquement des Compagnies vis-à-vis de l'État, rendre à ces dernières une liberté financière et économique qu'elles n'avaient plus, se limiter au contrôle de la sécurité et des tarifs, mais ne plus restreindre les Compagnies dans leur essor industriel et commercial par des mesures de circonstance qui grèvent leur budget sans profit pour la nation puisque celle-ci est, en fin de compte, obligée de s'imposer d'une façon extraordinaire, en vue de servir aux actionnaires et aux obligataires les intérêts sur lesquels ils peuvent compter.

» Il serait, d'autre part, souhaitable que toutes les Compagnies se fondent en une seule qui n'aurait plus que les mêmes méthodes d'exploitation adaptées, bien entendu, au régime économique des régions desservies, mais qui ne présenteraient plus ces différentes profondes qui existent à l'heure actuelle.

» Un modèle unique de matériel roulant, des modèles types de locomotives, les mêmes signaux, les mêmes rails, en un mot, pour des problèmes qui se présentent pour chaque Compagnie d'une façon identique, des solutions identiques.

» A ce point de vue, la guerre a montré combien il était regrettable que cette unité n'existât pas et la diversité du matériel a bien souvent gêné l'exploitation militaire des chemins de fer.

» Je n'irai pas jusqu'à demander que nos Compagnies de chemins de fer jouissent de la liberté des Compagnies américaines; nous ne pourrions certes nous accommoder des mêmes méthodes de concurrence et d'un statut qui règlemente principalement les tarifs; mais il y a lieu de considérer les entreprises des chemins de fer comme toutes les entreprises commerciales et industrielles et de leur accorder, comme à toutes les autres, les facilités dont elles ont besoin pour prospérer.

» Dans cet ordre d'idées, le relèvement des tarifs paraît comme une chose nécessaire et s'il a l'heureux résultat de permettre aux Compagnies de gagner de l'argent tout en rémunérant convenablement leur capital, il faut en conclure que les Compagnies seront incitées dans leur intérêt propre comme dans l'intérêt du public, à dépenser leurs gains en nouvelles installations et en améliorations incessantes. »

III. — **Vœux**. — Comme conclusions de son rapport, M. de France demande l'adoption de la délibération ci-dessous :

« Le Congrès, considérant que l'amélioration de nos moyens de transport est une condition essentielle à la prospérité économique du pays, exprime les vœux suivants :

» 1° Que les Compagnies constituent une Commission d'études pour l'application immédiate de la traction électrique à tous les cas où les expériences antérieures ont prouvé que cette application était avantageuse : lignes de banlieue et de grande banlieue jusqu'à 100 km, lignes de grand trafic à grande périodicité, lignes de montagnes et principalement dans les régions où les installations hydro-électriques fourniront de l'énergie à prix réduit;

» 2° Que les Compagnies adoptent, le plus rapidement possible, dans toutes leurs gares, des appareils électriques de manutention, de signalisation et d'aiguillage et, dans toutes les gares de triage, de bifurcation et d'embranchement, des locomotives et appareils électriques de manœuvre;

» 3° Que les conventions de 1883 soient modifiées et que la durée des concessions soit prolongée avec relèvement temporaire des tarifs, afin de permettre aux Compagnies de chemins de fer, sans recourir au crédit de l'État, de réaliser l'électrification successive des diverses lignes de leurs réseaux;

» 4° Que le Comité d'Électricité procède, dès maintenant, à la revision des règlements techniques pour l'application de la loi du 15 juin 1906, les mette en harmonie avec les nouvelles découvertes de la science, les résultats pratiques de l'expérience, réforme notamment l'arrêté technique du 21 mars 1911 dans un sens plus large et plus conforme à la technique de distribution pour les voies ferrées. »

(*A suivre.*)

Digitized by Google

Assemblées générales

Société norvégienne de l'azote et des forces hydro-électriques.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 14 NOVEMBRE 1917.

Le débit des rivières alimentant les usines hydro-électriques de la Société et de ses filiales s'est maintenu dans de bonnes conditions grâce aux pluies abondantes de l'automne 1916. Aussi l'exploitation des usines génératrices a-t-elle donné de bons résultats sous tous les rapports, malgré la hausse des prix des matières premières, hausse provoquée surtout par l'élévation des frets au printemps dernier.

Les usines électrochimiques et surtout les nouvelles fabriques de Rjukan qui ont fonctionné toute l'année ont donné une production beaucoup plus élevée que l'année précédente; l'écoulement de ces produits a été régulier et les prix satisfaisants.

La nouvelle ligne de chemin de fer de Notodden à Menstad, construite par l'Etat, a été réservée pour le transport des produits de la Compagnie; la Société propriétaire de la ligne Rjukan-Menstad a pu, malgré les froids de l'hiver dernier, assurer le transport des marchandises; il en a été de même sur le chemin de fer de Tinnos.

D'importants travaux ont été effectués aux usines de Svælgfos et Notodden et sur le lac Maarvand.

La Société filiale de Svælgfos a distribué un dividende de 5 pour 100, celle de Rjukanfos a donné 20 pour 100, la Société norvégienne de transports 15 pour 100.

Les recettes des usines de Svælgfos-Notodden de la Société norvégienne de l'azote ont été de 38 404 474,28 kr (1), les dépenses de 27 736 861,05 kr.

Le solde bénéficiaire est de 18 884 984,26 kr et le report de l'exercice précédent de 1 473 910,60 kr; après les divers prélèvements pour provisions et réserves, il reste 7 997 891,85 kr sur lesquels 10 pour 100 de dividende sont versés aux actionnaires et 2 233 931,85 kr sont reportés à nouveau.

La situation pour la Société de l'azote et ses filiales se résume ainsi pour l'exercice 1917.

	Dividendes et allocations. kr	Dotation des fonds d'amortissement et de réserve. kr	Dotation des fonds de prévoyance. kr
Société norvégienne de l'azote	6 886 464,58	4 179 567,34	6 000 000
Société de Svælgfos	40 000 »	116 033,45	—
Société de Rjukanfos	12 927 694,29	8 869 501,90	—
Société de transports	600 000 »	296 426,63	—
		13 461 529,32	6 000 000

(1) La valeur nominale de la couronne (krona) est de 1,389 fr.

BILAN AU 30 JUIN 1917.

Actif.

	kr
Immeubles à Christiania	409 431,14
Chute de Svælgfos. Terrains et droits divers, etc.	3 680 083,35
Usines hydro-électriques et électrochimiques de Svælgfos-Notodden, etc. Maisons d'habitation, baraquements et annexes	21 344 579,09
Travaux de régularisation	1 650 300,19
Actions de la Société :	
de Svælgfos	810 900 »
de Rjukanfos	66 396 000 »
Norvégienne de transports	4 057 000 »
des chutes de Tyin	1 301 000 »
des chutes de Matre	1 223 000 »
de vente du nitrate de Norvège	44 000 »
Lettres de change en portefeuille	105 031,76
Valeurs diverses	4 785 942,74
Brevets	7 637 393,99
Comptes débiteurs de la Société :	
de Svælgfos	2 108 163,31
de Rjukanfos	6 538 399,50
Norvégienne de transports	1 704 440,56
des chutes de Tyin	3 967 606,40
des chutes de Matre	2 316 240,36
Clients	19 011 946,34
Débiteurs divers	4 520 013,65
Mobilier	375 907,55
Matériaux	3 103 041,94
Matières premières en magasin	5 203 323,14
Produits fabriqués, vendus, à livrer, mais non encore facturés	5 622 862,30
Produits en cours de fabrication	80 492,51
Espèces en banques	8 031 842,46
Caisse	24 809,22
	176 053 751,50

Passif.

	kr
Capital actions :	
Actions de préférence nos 1 à 25002	4 500 360 »
Actions ordinaires nos 1 à 295218	53 139 240 »
Société pour l'acquisition d'annuités	66 327 120 »
Dette hypothécaire (immeubles à Christiania)	239 000 »
Comptes créditeurs	14 660 041,89
Capital des rentes foncières à servir	247 392 »
Fonds de réserve	1 973 331,60
Réserve extraordinaire	3 000 000 »
Fonds pour la construction d'un nouvel immeuble administratif à Christiania	500 000 »
Fonds d'amortissement	11 168 371,15
Report à nouveau de l'exercice précédent	1 473 910,60
Solde du compte de profits et pertes	18 884 984,26
	176 053 751,50

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Le rapport de la commission chargée de la fixation des coefficients relatifs à l'impôt cédulaire sur le revenu

Bien que la plupart des professions importantes, telles que l'électrochimie, l'électrométallurgie, les distributions de force motrice, soient constituées sous forme de sociétés par actions et ne puissent, par conséquent, faire leur déclaration que par la production de leur bilan, en ce qui concerne l'impôt cédulaire des bénéfices commerciaux et industriels, il est intéressant de savoir quelles sont les tendances de l'administration des finances pour la fixation forfaitaire des bénéfices que la profession qu'elles exercent est susceptible de réaliser. Ces indications sont contenues dans un tableau récemment paru au « Journal officiel » dont notre collaborateur Paul Bougault donne aujourd'hui une première analyse.

Le « Journal officiel » du 18 mars 1918 à la page 2163, présente un rapport extrêmement intéressant annoncé par ce titre un peu long : « Rapport rédigé par M. de la Lande de Calan, conseiller référendaire à la Cour des Comptes, au nom de la Commission chargée de déterminer les coefficients applicables au chiffre d'affaires, pour l'établissement de l'impôt sur les bénéfices industriels et commerciaux. » Ce rapport se termine par un imposant tableau, dans lequel les différentes professions sont divisées en 16 groupes ; chaque groupe ne comprend que celles qui ont entre elles un certain lien de famille ; et chaque profession du groupe reçoit l'indication d'un double coefficient minimum et maximum. Ce rapport, attendu depuis longtemps a soulevé une assez grande curiosité que nous croyons devoir satisfaire par les quelques réflexions qui vont suivre.

I. — Rappelons tout d'abord les origines juridiques de ce travail ; d'après quelques questions qui nous ont été posées, elles paraissent avoir été un peu oubliées. En 1916, l'État, représenté par le ministre des Finances, décida de proposer au Parlement la suppression des impôts sur les patentes, au moins en ce qui concernait sa propre part, d'abord pour augmenter ses ressources, et ensuite à cause de la rigidité dudit impôt, de son manque absolu de souplesse, parce qu'il frappe aussi bien les industries et les commerces prospères que les maisons qui passent un exercice commercial dans des hallucinations de faillite. La loi du 31 juillet 1917 a fixé à 4, 50 pour 100 du bénéfice obtenu pendant l'année qui précède celle de l'imposition, la taxe qui doit être payée, en principe, d'après la déclaration du bénéfice acquis. Mais l'on a voulu ménager les susceptibilités du contribuable français qui craint toujours de laisser pénétrer le fisc dans l'intimité de son commerce, et on a résolu de lui permettre de faire la seule déclaration qui ne le gênera jamais : celle du chiffre d'affaires réalisé. C'est alors le contrôleur qui, armé du tableau établi par la Commission, déterminera le bénéfice correspondant à ce chiffre d'affaires, prenant, selon que son jugement propre le lui inspirera, soit le minimum, soit le maximum, soit un chiffre intermédiaire dans le coefficient afférent à la profession indiquée. Le contribuable aura toujours le droit de discuter, d'abord devant le contrôleur taxateur et ensuite devant le Conseil de préfecture, la taxation qui lui est faite ; en pratique, il est à craindre que, dans bien des cas pour protester contre un coefficient trop élevé et pour présenter des observations motivées, il soit obligé d'ouvrir ses livres et de prouver quel est le bénéfice qu'il a réellement obtenu. Ce n'est pas d'ailleurs fait pour créer de l'ennui à l'administration fiscale qui n'a consenti qu'avec réticence et regret le système des coefficients..

Remarquons encore que deux sortes de contribuables ne pourront pas se servir de ce système, d'abord les *sociétés par actions* qui seraient mal venues à dire qu'elles n'ont pas établi de bilan, étant donné que l'article 34 de la loi du 24 juillet 1867 impose à toute société anonyme de dresser chaque semestre un état de sa situation active et passive. Cet état est mis à la disposition des commissaires ; il est en outre établi chaque année, conformément à l'article 9 du code de Commerce, un inventaire contenant l'indication des valeurs mobilières et immobilières et de toutes les dettes actives et passives de la société. L'inventaire, le bilan, et le compte de profits et pertes sont mis à la disposition des commissaires le quarantième jour au plus tard avant l'assemblée générale ; ils sont présentés à cette assemblée. Il est donc évident que le fisc n'a qu'à envoyer un de ses agents pour avoir la communication des bilans et pour les contrôler par les livres qui doivent être à sa disposition.

Dans ces conditions, on comprend les termes dont s'est servie la loi du 31 juillet 1917, article 4 : « La déclaration est faite en ce qui concerne les sociétés par actions, par l'application du bilan. Les assujettis de

Digitized by Google

cette première catégorie ne sauraient donc s'abriter derrière la déclaration de leur chiffre d'affaires, ce qui conduirait le fisc à une appréciation forfaitaire du bénéfice; car il ne peut y avoir en même temps bilan pour l'actionnaire, et forfait pour l'administration.

La deuxième catégorie qui échappe à l'évaluation forfaitaire est celle des *contribuables* (simples commerçants ou sociétés en commandite ou en nom collectif) *qui sont assujettis à la contribution dite des bénéfices de guerre*; les raisons sont identiques : l'assujettissement à cette contribution entraine pour le contribuable l'obligation de montrer ses écritures; il n'y aurait donc aucun intérêt pour lui à adopter un mode lui permettant de les cacher en ce qui concerne l'impôt cédulaire.

II. — Mais, pour la grande majorité des commerçants qui sont libres de tout lien social et qui n'ont point à connaître les bénéfices de guerre (ils seront encore bien plus nombreux quand la loi du 1er juillet 1916 sur les bénéfices de guerre ne sera plus applicable), le système dont nous venons de donner le schéma est parfaitement légal et inattaquable : il suffira d'indiquer au fisc le chiffre des ventes réalisées pendant l'exercice terminé et de le soumettre au contrôleur qui fixera le coefficient en l'empruntant au tableau dressé par la Commission.

Quelle a été la première pensée des membres de la Commission dans l'évaluation du bénéfice que chaque commerce peut faire? Le rapport nous l'apprend : C'est la question de savoir comment on devra évaluer le bénéfice, en considération de l'amortissement, de l'intérêt des capitaux, des émoluments du chef de l'entreprise.

Et voici comment la question a été résolue :

1° En ce qui concerne les *amortissements*, on n'a fait entrer en ligne de compte que les établissements habituels et conformes aux usages de chaque profession; « sans doute, dit le rapporteur, l'importance de ces amortissements est très variable suivant la nature des différentes entreprises, mais on peut admettre qu'ils représentent normalement, pour un genre d'industrie ou de commerce, un pourcentage moyen, à peu près uniforme; si des déductions plus larges peuvent être nécessaires pour telle ou telle entreprise, l'examen de ces situations particulières appartiendra au contrôleur lors de l'établissement des bases d'imposition de chaque contribuable. »

Cette phrase un peu vague doit être prise, sans doute, comme une invitation anticipée faite au contrôleur de ne jamais fixer autre chose que le minimum, quand il se trouvera devant la certitude que telle entreprise est obligée par les circonstances de pratiquer des armortissements plus considérables que la moyenne des autres.

2° En ce qui concerne la *rémunération personnelle* du chef d'entreprise et le *loyer du capital*, le rapport fait remarquer que l'on aurait pu ne pas les évaluer comme rentrant dans le bénéfice; le fisc n'y aurait pas perdu puisque l'intérêt du capital aurait été frappé de l'impôt afférent à l'intérêt des valeurs mobilières, et les émoluments personnels auraient été atteints par l'impôt sur le salaire. Mais on a négligé cette méthode à cause de la difficulté de dégager exactement le bénéfice des sommes rentrant au titre d'intérêts et d'émoluments dans la caisse du commerçant. Pour corroborer aussi cette manière de voir par une sorte d'argument tiré d'un texte, l'auteur du rapport paraît croire que les rédacteurs de la loi du 31 juillet 1917 ont fait une réflexion savante en fixant à 5 pour 100 l'impôt sur le revenu des valeurs mobilières (qui représentent la richesse acquise), à 3,75 l'impôt sur le travail (salaires et appointements) et 4,50 l'impôt sur le commerce. La raison de cette échelle et la situation intermédiaire du taux afférent aux bénéfices du commerce et de l'industrie se trouverait dans ce fait que le commerce représente à la fois un produit du capital et le produit du travail; cela voudrait dire que capital et travail concourent d'une manière indissolublement unie à la production du revenu commercial.

Cette marche à suivre étant admise, il restait tout d'abord à expliquer catégoriquement ce que l'on doit entendre par le *chiffre d'affaires* et le rapport fait remarquer avec raison que l'on en chercherait vainement une définition légale : la commission a pris le sens courant donné à ces mots par les commerçants eux-mêmes, c'est-à-dire le montant total des ventes réalisées pendant un exercice; et le prix que l'on fera entrer en ligne de compte sera le prix brut, c'est-à-dire tel que la vente le comporte, y compris le montant total des frais qui s'y incorporent, bien qu'ils représentent dans certains cas, comme par exemple pour le commerce de l'alcool, un chiffre extrêmement élevé : par contre, le chiffre d'affaires ne subira aucune modification pour l'escompte qui aura pu être fait et il ne comprendra pas le prix des marchandises remboursées par l'acheteur.

Nous nous sommes placés jusqu'à maintenant en présence des ventes consenties par le commerçant et l'industriel; mais, à côté de ceux-ci on trouve une foule de professions qui ne font pas de ventes à proprement parler, c'est-à-dire qui n'échangent pas des objets fabriqués contre de l'argent; les banquiers par exemple. Il a été entendu que ces derniers seraient taxés d'après le montant total des rémunérations acquises par eux, pour intérêt, escompte, agios et profits sur la réalisation des titres; toutes les professions qui font des bénéfices en donnant leur concours ou leurs services, seront taxées sur le produit des commissions et courtages perçus à raison de toutes opérations.

III. — Ces directives étant acceptées, la Commission a dû se mettre à l'œuvre pour opérer un classement. Il est permis de penser qu'elle a dû concevoir au début une certaine appréhension en voyant se dresser devant elle l'ancien tarif des patentes qui ne contient pas moins de 2 222 professions; il est hors de doute que beaucoup d'entre elles ont disparu dans la pratique et que, d'autre part, la Commission n'avait point à s'occuper des professions non commerciales qui ne rentrent pas dans la catégorie des imposés au titre du commerce; mais, pour aller plus vite, la Commission paraît s'être servie seule-

Digitized by Google

ment d'un tableau adopté par le ministère du Commerce et contenant la nomenclature des industries et professions dressée par le service de statistique générale de la France lors du dernier recensement de la population : les enquêtes ont été confiées aux rapporteurs spéciaux (Chambres syndicales ou leurs délégués) et le même rapporteur a toujours été désigné pour étudier à la fois l'industrie et le commerce correspondant. La Commission a alors réuni toutes les propositions de ces rapporteurs, les a rapprochées des documents mis à sa disposition par l'administration des Finances, a cherché à en synthétiser les résultats, en s'inspirant de quelques principes généraux qui sont les suivants :

A. — *La période à envisager* pour servir de base aux premiers calculs était certainement un des points les plus délicats à résoudre ; beaucoup avaient pensé — et l'on a quelque peine à comprendre pour quel motif leur opinion n'a pas prévalu — qu'il convenait de tenir compte des bénéfices obtenus dans les périodes normales, en évitant les résultats, généralement assez faux, que donnerait la période de guerre. La Commission déclare qu'elle a éprouvé un scrupule : d'après la loi, les coefficients doivent être revisés fréquemment : au moins tous les trois ans ; ceux qu'elle va fixer vont donc avoir pour effet d'assurer la taxation des bénéfices obtenus pendant les années 1917, 1918, 1919, c'est-à-dire servir aux impositions à faire pendant les années 1918, 1919, 1920 ; si l'on recherchait les éléments dans les seules années précédant immédiatement la période troublée que nous traversons, on risquerait de s'éloigner beaucoup de la réalité des choses et d'appliquer des coefficients presque fictifs à force d'être anciens ; sans révéler d'une façon précise la méthode employée, le rapport indique qu'il a été fait une sorte de moyenne proportionnelle entre le coefficient tel qu'il aurait été défini par les années antérieures à la guerre et le coefficient obtenu seulement d'après les résultats actuels. « La Commission, est-il dit, n'a pas fait état des résultats exceptionnels obtenus par suite de circonstances qui ne sont pas de nature à se renouveler, tels que la réalisation des stocks constitués avant la guerre, mais elle a pensé que dans toutes les professions, alors même que, dans certaines d'entre elles, le plus grand nombre des contribuables seraient actuellement assujettis à la déclaration des bénéfices de guerre, elle devrait chercher à établir des coefficients qui puissent représenter la proportion moyenne des bénéfices réalisés pendant la période d'imposition. » La Commission s'ajourne en quelque sorte à une autre époque très prochaine pour établir les coefficients qui devront servir à la fixation des bénéfices pendant la prochaine période triennale.

B. — La loi avait imposé à la Commission *d'établir un coefficient minimum et un coefficient maximum*. La première des précautions à prendre, pour avoir quelque clarté, était évidemment de définir ce que serait le minimum : la Commission a estimé que le bénéfice d'une entreprise devait permettre au moins à l'exploitant de conserver, après paiement de tous ses débours, frais généraux et amortissements habituels, un profit suffisant pour assurer une rémunération légitime à son travail personnel et un intérêt à son capital au taux moyen du loyer de l'argent. Elle reconnaît qu'elle ne s'est pas refusée à descendre le minimum au-dessous de la limite qu'elle venait de fixer, afin de tenir compte des circonstances défavorables, qui auraient momentanément affecté dans leur ensemble, les bénéfices de telle ou telle profession.

Seulement, sans prévoir des cas extraordinaires, elle reconnaît qu'elle s'est heurtée à une assez grande difficulté provenant de la nature extrêmement variable des capitaux nécessaires à telles ou telles industries, et de l'importance que prend, dans certaines industries, le travail personnel du chef d'entreprise : aussi, comme elle comprend l'intérêt du capital dans le bénéfice, le coefficient doit être plus élevé dans les professions qui exigent un gros capital ou qui vivent surtout par le travail du patron ; c'est ce que le rapport explique en disant : Les coefficients seront d'autant plus élevés que la nature de l'entreprise exigera l'immobilisation d'un capital proportionnellement plus important ou que la rémunération du chef d'entreprise représentera une part plus grande dans le total du chiffre d'affaires. Une conséquence assez inattendue dérive tout naturellement de cette considération : c'est qu'un minimum peu élevé ne dénote pas du tout une entreprise peu prospère et réciproquement un minimum très élevé ne dénote pas par lui-même la fécondité d'une entreprise : en effet, certaines industries arrivent par une production intensive, suivie presque aussitôt après d'une vente quasi immédiate, à faire fructifier plusieurs fois le même fonds de roulement dans le cours d'un seul exercice commercial ; elles gagnent donc beaucoup avec un petit capital, au contraire, certaines professions qui doivent fabriquer beaucoup de stock, le mettre en réserve et consacrer aux frais de conservation, d'emmagasinement, etc..., une somme importante, ont des bénéfices moins élevés.

C. — En ce qui concerne la *rémunération du chef d'entreprise*, la même difficulté de fixation se présente : pour celles qui doivent comprendre dans le chiffre d'affaires la valeur des matières premières, des frais généraux élevés et l'intérêt de capitaux importants, la rémunération du chef d'entreprise est assez faible par rapport au montant total des opérations : au contraire, dans certaines exploitations, telles que les industries à façon, la surveillance du chef d'entreprise et souvent même le travail qu'il réalise de ses propres mains, prennent une importance considérable.

D. — Que dire des *professions* qui n'exercent généralement leur commerce ou industrie qu'à l'aide de *capitaux empruntés*, par exemple l'industrie hôtelière ou le commerce d'alimentation ? La Commission déclare qu'elle n'a pas cru possible de les grouper, en raison de ce fait seul, dans une catégorie spéciale : elle a abaissé le minimum des coefficients, afin que, pour l'établissement des bases d'imposition, on puisse tenir compte de ce fait que, seul, l'intérêt des capitaux propres à l'exploitant doit rentrer dans le calcul des bénéfices imposables.

Mais, comme pour s'excuser de n'avoir pu prévoir la

Digitized by Google

situation spéciale d'une catégorie qui cependant est si réellement existante, le rapport rappelle l'article 10 de la loi du 31 juillet 1917 et nous indique que « si le contribuable est à même de justifier qu'il y a lieu de faire application d'un coefficient inférieur au minimum fixé, il pourra réclamer le bénéfice de l'article 10 de la loi du 31 juillet 1917 à condition de fournir les justifications nécessaires. Il pourra en être ainsi, dit le rapport, pour des entreprises dont les capitaux seraient entièrement empruntés ou dans le cas de pertes éprouvées par suite de grèves, d'accidents, de créances irrecouvrables. »

E. — Enfin, il est certain que bien des industriels se livrent à plusieurs professions différentes ; et dans ce fait si fréquent, il importe de distinguer deux cas :

Ou bien, il sera facile de distinguer dans le chiffre d'affaires la part afférente à chaque branche de commerce ou d'industrie : dans ce cas, aucune difficulté ne peut être sérieusement alléguée : dans chaque branche, on totalisera le chiffre d'affaires et on lui appliquera le coefficient afférent à la profession déterminée pour la branche intéressée ; en un mot, pour le fisc, l'industrie considérée se subdivisera en une série d'industries distinctes et l'impôt total sera payé par le fabricant unique comme il serait payé par plusieurs.

Ou bien, il y aura une pénétration tellement intime entre les diverses branches que la distinction échappera à l'analyse la plus minutieuse : dans ces conditions, c'est le chiffre total de toutes les affaires faites qui entrera en considération ; le coefficient qui lui sera appliqué sera pris entre le minimum le moins élevé et le maximum le plus élevé de ceux qui auront été fixés pour les différentes branches d'opérations, en négligeant, au besoin, celles qui n'auraient manifestement qu'un caractère accessoire.

IV. — Nous pouvons maintenant parcourir les différents groupes.

Le premier est consacré aux carrières et aux industries dérivées : verrerie, faïence, porcelaine ; dans ce groupe, les coefficients sont peu élevés, le fabricant de pâte à porcelaine et les manufactures d'impression sur faïence sont seuls à avoir un coefficient de 10 à 20 pour 100. Le deuxième groupe (alimentation : liquide et solide) ne nous intéresse nullement. Dans le troisième groupe (industries chimiques, chauffage et éclairage), nous voyons les *établissements d'électro-chimie* (*carbures et ferro-alliages*), tarifés de 5 à 25 ; la *grande industrie chimique* (fabrication d'acide sulfurique, de chlore, etc.), de 5 à 20 ; le *gaz d'éclairage*, de 5 à 20 ; etc... Dans le quatrième groupe (papiers, cartons, industries polygraphiques), on voit les fabricants de papier taxés de 5 à 15, voisiner avec les marchands de cartes postales qui ont les mêmes coefficients, tandis que les fabricants de papiers à cigarettes atteignent le coefficient de 10 à 25. Dans le cinquième groupe (industries textiles), les fabricants de tissus de soie ont un coefficient de 5 à 9 et ceux de velours de 10 à 20. Dans le sixième groupe (industries et commerce des vêtements), les modistes jouissent d'un tarif de 8 à 25 ; mais les marchands de couronnes et ornements funéraires sont frappés de 10 à 25 exactement comme les marchands de fourrures. L'industrie du bois (groupe septième) ne révèle rien d'intéressant ; il n'en est pas de même du groupe huitième qui est intitulé : *grosse et petite sidérurgie* : l'électro-sidérurgie a les honneurs d'un assez long paragraphe où elle se divise en fabrication au four électrique des aciers fins et spéciaux et fabrication au four électrique des ferro-alliages comportant une forte proportion de métaux étrangers : chrome, silicium, tungstène, molybdène, tantale, etc., le tarif est de 5 à 20 pour 100 ; la grosse forge ordinaire de 5 à 12 (cette rubrique comprend toutes les fabrications réalisées par forgeage au marteau pilon ou à la presse, par emboutissage et matriçage : pièces de machines, bielles, manivelles, tiges de piston, arbres, volants, roues, essieux, bandages, étambots, étraves, enclumes, crochets de traction, ressorts pour voitures et wagons ainsi que la fabrication des grosses chaînes).

Dans le groupe neuvième sont classés les commerces des métaux communs autres que le fer et ses dérivés : c'est dans cette catégorie que se trouve l'*entreprise de soudure autogène ou de soudure électrique*.

Le groupe dixième est intitulé : *construction mécanique et carrosserie* : il réunit des professions d'apparence bien diverses ; par exemple, le fabricant de voitures automobiles, le constructeur de matériel de moulin et le fabricant de machines à écrire.

Nous passons le groupe onzième qui est relatif aux matières précieuses, aux instruments de musique, pour nous arrêter au groupe douzième intitulé : terrassements, constructions, *travaux publics* ; nous remarquerons que toutes ces professions, excepté celle d'entrepreneur et loueur d'échafaudage, sont taxées de 5 à 12. C'est également dans ce groupe que rentrent les distributeurs d'électricité avec un coefficient de 5 à 25, et les distributeurs d'eau (de 5 à 12). Dans le groupe treizième, figure sans grand intérêt pour nous, les entrepreneurs de navigation, pêche maritime, manutentions et transports. Le groupe quatorzième est consacré plus particulièrement à ceux qui s'occupent d'affaires de banque ou de bourse ; le *banquier* est taxé comme le changeur de 50 à 70, l'*agent de change* de 10 à 30, dans les places où il existe un parquet.

Le groupe quinzième vise l'*industrie hôtelière* et le groupe seizième les *industries diverses* qui n'ont pu trouver place dans d'autres sections.

Le tableau se termine par un chapitre intitulé : « Professions non dénommées » dans lequel sont indiquées les fabricants vendant en gros, les fabricants vendant au détail et une note nous indique que les coefficients prévus sous cette rubrique sont applicables aux professions non expressément dénommées dans le tableau, ou pour lesquelles aucun tarif n'a été spécifié en raison *de ce fait qu'elles ont paru n'être actuellement exercées que par les sociétés anonymes.*

V. — Après l'énumération des différentes professions, le tableau contient une série d'observations qui sont

Digitized by Google

extrêmement intéressantes : il y est dit, notamment, que pour les constructeurs de moteurs à gaz et à explosion, le pourcentage des bénéfices tend à diminuer à mesure que le chiffre d'affaires devient plus élevé; il en est de même pour l'entrepreneur d'installations électriques. Les fabricants de soie font un pourcentage de bénéfice plus élevé quand ils fabriquent des rubans façonnés ou des rubans de velours que quand ils fabriquent des rubans unis de soie ou mélangés de soie et d'autres matières textiles. Dans le groupe des scieurs et façonneurs mécaniques du bois, le pourcentage des bénéfices est plus élevé quand l'établissement façonne le bois en vue de la menuiserie et de l'ébénisterie que quand il s'agit de débiter le bois en grumes, en plateaux madriers ou planches.

Mais ce qu'il faut retenir le plus de tout ce travail, c'est que, quelle que soit la conscience avec laquelle il y a été procédé, il ne peut être considéré que comme un travail de début et que, à très brève échéance, sa revision et peut-être même sa réfection s'imposera : pour certains travaux législatifs, comme pour certains moteurs, l'expérience est l'unique ressource que l'on puisse considérer comme sérieuse quand il s'agit de vérifier s'ils sont véritablement pratiques.

Paul Bougault,
Avocat à la Cour d'appel de Lyon

Législation, jurisprudence, réglementation

Décret portant règlement d'administration publique sur les enquêtes, en matière de voies ferrées d'intérêt local.

Le « Journal officiel » du 22 décembre 1917 publie p. 10 479 un décret pris en date du 17 décembre 1917 par le ministre des Travaux publics et des Transports, et portant règlement d'administration publique sur les enquêtes en matière de voies ferrées d'intérêt local, nous allons analyser sommairement ce décret.

Titre premier. Autorisation de la mise à l'enquête. — Chapitre premier. Voies ferrées établies ou concédées par un département et ne sortant pas de son territoire. — Article premier. — Lorsqu'un conseil général a décidé la mise à l'étude d'une voie ferrée d'intérêt local, l'avant-projet doit comprendre les pièces suivantes : 1° un extrait de carte à l'échelle de $\frac{1}{80\,000}$ au moins; 2° un plan général du tracé à l'échelle de $\frac{1}{10\,000}$ avec indication spéciale des parties des voies publiques qui seraient empruntées et des sections de voie ferrée que l'on projette de construire avec simple ou double voie. Sur ces plans sont désignées au moyen de teintes conventionnelles les sections de la voie ferrée qui seraient établies soit avec rails encastrés dans la chaussée et plate-forme accessible à la circulation des voitures ordinaires, soit avec rails saillants et plate-forme non praticable pour les voitures ordinaires; 3° un profil en long, à l'échelle de $\frac{1}{5\,000}$ pour les longueurs et de $\frac{1}{1\,000}$ pour les hauteurs, indiquant au moyen d'un trait et de cotes noires, les déclivités du terrain ou des voies publiques existantes qui seraient empruntées et, au moyen d'un trait et de cotes rouges, celles de la voie ferrée projetée; 4° des profils en travers type, à l'échelle de $\frac{1}{50}$ indiquant les dimensions de la plate-forme de la voie ferrée avec le gabarit du matériel roulant, côté de dehors en dehors de toutes les saillies que ce matériel comporte. Ces profils en travers font connaître les dispositions applicables soit au cas où la plate forme de la voie ferrée ne devrait pas être accessible à la circulation des voitures ordinaires, soit au cas où cette plate-forme devrait rester accessible et praticable aux voitures ordinaires; 5° des profils en travers spéciaux relatifs aux parties des traverses empruntées dans lesquelles les largeurs réglementaires ne pourraient être maintenues; 6° un mémoire descriptif contenant les renseignements suivants : *a*) nature des transports auxquels la voie ferrée sera affectée (voyageurs, messageries, marchandises); *b*) mode d'exploitation projeté, avec arrêts seulement à certaines gares et haltes déterminées, ou bien avec arrêts en pleine voie; *c*) minimum du rayon des courbes; *d*) maximum des déclivités de la ligne; *e*) mode de traction; *f*) maximum de largeur du matériel roulant, toutes saillies latérales comprises; *g*) maximum de la longueur des trains; *h*) maximum de la vitesse des trains; *i*) nombre minimum des trains qui seront mis chaque jour à la disposition du public; *j*) tarif maximum des droits dont la perception sera autorisée; *k*) dérogations qui seraient demandées aux dispositions du cahier des charges type adopté par le Conseil d'Etat et qui seraient de nature à intéresser le public; 7° une notice justifiant l'utilité de l'entreprise et comprenant : *A*) un détail estimatif complet des dépenses à prévoir pour l'exécution de la ligne, y compris les acquisitions de terrains etc.; *B*) l'indication du chiffre des recettes probables, tant à raison de la population à desservir et des productions du pays que par comparaison avec les lignes similaires de la région, appuyée des relevés et calculs conduisant à cette évaluation détaillée des frais annuels d'exploitation, indiquant notamment les conditions de production et de fourniture de la force motrice.

Si la voie ferrée fait l'objet d'une demande en concession l'avant-projet, constitué comme il est dit ci-dessus, est établi par la demandeur qui l'adresse au préfet.

Art. 2. — Cet article décide que l'avant-projet sera soumis par le préfet au conseil général, et que le dossier présenté au ministre des Travaux publics et des Transports, comprendra, outre les pièces ci-dessus nommées, tous les engagements financiers dont il a dû être tenu compte dans la détermination des voies et moyens destinés à subvenir à la dépense.

Chapitre II. Voies ferrées intéressant plusieurs départements; voies ferrées établies ou concédées par une ou plusieurs communes. — Art. 3. — Lorsqu'une ligne doit s'étendre sur plusieurs départements, s'il n'y a pas eu entente entre les conseils généraux de ces départements pour exécuter la ligne à frais communs, le conseil général de l'un de ces départements peut décider d'assurer seul tous les frais d'établissement de la ligne, il fait connaître cette décision par une délibération spéciale sans attendre la constitution de l'avant-projet. Cette délibération sera transmise immédiatement par le préfet au préfet du département intéressé accompagné : 1° d'une note faisant connaître la direction générale de la ligne et les localités qui seraient desservies par elle, le genre de service auquel elle serait affectée et le mode de traction prévu; 2° d'une carte à l'échelle de $\frac{1}{80\,000}$ au moins indiquant par un trait rouge le tracé prévu.

Digitized by Google

Art. 4. — Cet article indique la marche à suivre dans le cas où c'est un conseil municipal qui veut mettre à l'étude une voie ferrée d'intérêt local, dans ce cas on doit demander au conseil général du département s'il entend comprendre la ligne dans l'exécution d'un réseau départemental existant ou projeté.

Art. 5. — Cet article est relatif au cas où la ligne est mise à l'étude par plusieurs conseils municipaux en vue d'en poursuivre l'exécution d'un commun accord.

Art. 6. — Cet article prévoit le cas où la ligne doit s'étendre sur plusieurs communes et où il n'y a pas accord entre ces communes.

Art. 7. — Lorsque l'accord s'est établi et quand les formalités sont accomplies, le préfet, le maire ou les maires des communes prescrivent les mesures nécessaires pour constituer l'avant-projet. Lorsque l'établissement de la voie ferrée est poursuivi par un demandeur en concession celui-ci adresse l'avant-projet à l'autorité concédante.

Art. 8. — Toutes les délibérations prises en vertu des articles 3 et 4 du présent décret, et s'il y a lieu en convention interdépartementale sont transmises au ministre des Travaux publics et des Transports. S'il y a eu formation d'un syndicat de communes, les pièces y relatives seront transmises au ministre de l'Intérieur.

Titre II. Forme des enquêtes. — Chapitre premier. Enquête d'utilité publique. — Art. 9 et 10. — Ces articles déterminent la composition et le mode de fonctionnement de la commission d'enquête.

L'article 11 fixe les pièces à soumettre à l'enquête qui sont :

1° Celles citées plus haut à l'article premier alinéas 1°, 2°, 3° 4°, 5°;

2° Dans le cas où l'établissement de la voie ferrée modifierait soit l'assiette, soit l'utilisation de la voie publique pour les voitures ordinaires on devra fournir un plan à l'échelle de $\frac{1}{200}$ de chacune des traverses suivies par la voie ferrée, l'alinéa 2° fait connaître toutes les indications que devra fournir ce plan.

3° On devra fournir également un mémoire descriptif contenant les renseignements énumérés à l'article premier sous les rubriques *a* à *k*) et de plus : *l*) les dispositions qui seraient proposées à l'effet de maintenir l'accès des chemins publics ou particuliers ainsi que les maisons riveraines ; *m*) le minimum de la distance qui séparerait la zone affectée au matériel roulant du chemin de fer, des façades des propriétés riveraines situées en rase campagne ou de l'arête extérieure de l'accotement des voies publiques ; *n*) s'il y a lieu, les indications relatives aux lignes de transport et de distribution du courant électrique et notamment au mode de support de ces lignes.

Si l'état d'avancement des études le permet, le dossier sera complété : *A*) par les plans des emplacements des stations, haltes et garages à l'échelle de $\frac{1}{1000}$ avec indication des voies d'accès; *B*) par les plans de toutes les traverses dont la production n'est pas obligatoire en vertu du paragraphe 2 ci-dessus, dressés dans les formes prévues à ce paragraphe.

L'article 12 dispose que le dossier et les registres d'observations resteront disposés pendant un mois à la mairie de chaque chef-lieu de canton que la ligne doit traverser et que les plans des emplacements des stations, haltes ou garages et plans de traverse seront également disposés pendant un mois à la mairie des communes intéressés.

L'article 13 dit qu'après ce délai, la Commission se réunira et, après audition des services compétents et intéressés, donnera son avis, elle dressera un procès-verbal qui devra être terminé dans un délai de quinze jours.

L'article 14 décide que dès que le procès-verbal sera clos, il sera transmis, ainsi que les autres pièces, au préfet par les soins du président de la Commission.

L'article 15 déclare qu'avant l'expiration du délai de quinze jours, les Chambres de commerce, les Chambres consultatives des arts et manufactures, les conseils d'administration des ports, les conseils généraux et conseils municipaux que l'établissement de la voie ferrée pourrait intéresser seront appelés à émettre leur avis.

L'article 16 dispose que toutes les formalités remplies, le préfet devra adresser le dossier complet, avec son avis, celui des ingénieurs et celui du chef du service du contrôle départemental à l'autorité à qui il appartient de dresser l'avant-projet. Il y joindra les projets de cahier des charges et des dispositions à prévoir pour assurer la construction et l'exploitation de la voie ferrée. L'ensemble du projet sera ensuite adressé au ministre des Travaux publics et des Transports.

L'article 17 déclare que l'utilité publique est proclamée et l'exécution des travaux autorisée s'il y a lieu à la suite de l'enquête. Mais l'autorisation d'exécuter les travaux des stations, haltes, garages et des sections établies sur le sol des voies publiques dans les traverses des lieux habités ne peut être donné sans nouvelle enquête que si les plans prévus aux paragraphes *A* et *B* de l'article 11 ont figuré dans le service soumis à l'enquête

Chapitre II. — Enquêtes complémentaires. — L'article 18 détermine les conditions dans lesquelles devront être faites les enquêtes complémentaires.

L'article 19 fixe la nature des pièces à déposer à la mairie du chef-lieu de chaque canton que la ligne doit traverser, ou à la mairie de la commune si la ligne ne sort pas du territoire d'une commune. Ces pièces comprendront la totalité du dossier défini à l'article 11, le mémoire étant réduit à une note explicative spéciale aux questions soumises à l'enquête.

Lorsqu'il s'agit d'une ligne sortant des limites du canton, le plan au $\frac{1}{10000}$ et le profil en long sont réduits aux cantons et aux communes limitrophes sur lesquelles la ligne s'étend.

Le dossier spécial relatif à l'emplacement de chaque station, halte ou garage et déposé à la mairie du lieu où cet emplacement est situé, comprend : 1° l'extrait de carte, le plan au $\frac{1}{10000}$ et le profil en long, le tout limité à la partie du tracé comprise entre les deux stations, haltes ou garages les plus proches situés de part et d'autre de la commune ; 2° le plan de l'emplacement de la station de la halte ou du garage à l'échelle de $\frac{1}{1000}$ avec indication des voies d'accès ; 3° une notice explicative.

Le dossier relatif à l'emprunt de voies publiques dans les traverses de lieux habités est déposé à la mairie de la commune traversée, il est réduit au plan de la traverse.

Les articles 20 et 21 sont relatifs à la création ou à la suppression d'arrêts en pleine voie ne comportant aucune installation spéciale et à la suppression ou la modification d'arrêts en pleine voie.

Les articles 22 et 23 concernent des dispositions générales.

Décret et arrêté fixant l'organisation des services du ministère du Blocus et des Régions libérées.

Le « Journal officiel » du 25 janvier 1918 publie, p. 917, un décret en date du 23 janvier 1918 et un arrêté en date du 24 janvier 1918 réglementant cette organisation. Cette réglementation fixe les attributions de la Direction du blocus, des Services de la réorganisation de la vie locale, des dommages de guerre et de la comptabilité, de l'Office de reconstitution agricole, de l'Office de reconstitution industrielle.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF : Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine

2e ANNÉE. TOME III. — N° 15. 13 AVRIL 1918.

Avis. — Chronique. — Modification autorisée aux appels magnétiques P. T. T. — La fixation du prix de vente de l'énergie électrique en fonction du prix du charbon. — Société internationale des Electriciens, p. 537-538.

Section scientifique et technique. — Note sur les pertes dans les tôles de fer aux fréquences élevées, par Marius LATOUR, p. 539. — Unification des bouts d'arbres des moteurs électriques, p. 543.

Section industrielle. — Dispositifs expérimentaux pour la production électrothermique des hautes températures : fours électriques de laboratoire pour analyses et recherches, par Jean ESCARD, p. 545. — La troisième Foire de Lyon (*suite et fin*), J. N., p. 554. — Revues, analyses et informations : Régulateurs de tension pour feeders à courant alternatif, p. 556; La réglementation des distributions d'énergie électrique en Allemagne, p. 558; Batteries à haute tension et faible intensité, p. 560.

Section économique et financière. — Congrès général du Génie civil (*suite*), p. 561.

AVIS. — *Messieurs les actionnaires de la* Revue générale de l'Electricité *sont convoqués en* **Assemblée générale ordinaire annuelle,** *conformément à l'article 30 des statuts, pour le* **lundi 6 mai 1918,** *à 17 heures, au siège social, 12, place de Laborde, à Paris.*

L'assemblée générale se compose de tous les actionnaires quel que soit le nombre d'actions possédé par eux.

Tout actionnaire, pour avoir le droit d'assister ou se faire représenter à l'assemblée générale, doit être inscrit sur les registres de la Société seize jours au moins avant celui fixé pour la réunion.

Modification autorisée aux appels magnétiques P. T. T. — Le Président du Syndicat professionnel des Industries électriques nous transmet la lettre suivante du directeur de l'Exploitation téléphonique :

Monsieur le Président,

Par lettre du 4 février dernier, vous avez bien voulu me demander, au nom des membres de votre Syndicat, que les constructeurs qui en feraient la demande, soient autorisés à substituer sur les appels magnétiques, type P. T. T. qu'ils ont à fournir à mon Administration en exécution de leurs marchés, des disques prises de contact d'induit comportant deux pièces : disque et écrou rivé ou serti sur le disque, aux disques pleins en maillechort présentant un renfort au centre.

Vous avez également attiré mon attention sur l'intérêt que présenterait la suppression complète des disques en question et leur remplacement par le ressort qui appuie sur l'extrémité de la goupille isolée.

J'ai l'honneur de vous faire connaître qu'en ce qui concerne le premier point, j'ai décidé d'accorder satisfaction aux demandes d'autorisation de l'espèce que me feraient parvenir dès maintenant les constructeurs intéressés.

Quant à la suppression totale du disque prise de contact, qui entrainerait la création d'un nouveau type administratif d'appel magnétique, elle va faire l'objet d'une étude dont je vous transmettrai les résultats aussitôt qu'il me sera possible.

Recevez, Monsieur le Président, l'assurance de ma considération distinguée.

La fixation du prix de vente de l'énergie électrique en fonction du prix du charbon. — Le ministre des Travaux publics et des Transports vient d'adresser aux ingénieurs en chef du contrôle des distributions d'énergie électrique la circulaire suivante en date du 31 mars 1918 :

Certains cahiers des charges de concession de distribution d'énergie électrique contiennent, à l'article 11 des dispositions relatives à la variation des prix de vente du courant, d'après le cours des charbons, et la circulaire ministérielle du 20 mars 1913 vous a fait connaître qu'il y avait lieu d'adopter, dans ce cas, comme base de fixation du prix de vente du kilowatt-heure le prix moyen d'achat des charbons par l'administration des chemins de fer de l'État.

A partir du 1er janvier 1916, étant donné le trouble profond apporté par la guerre dans la vie économique du pays, à la demande des industriels et sur l'avis conforme du Comité d'Electricité, ce prix d'achat a été donné séparément pour les charbons provenant des mines françaises et pour les charbons importés de Grande-Bretagne, et à partir du 1er janvier 1917, par trimestre,

C'est ainsi que ma circulaire, série R, n° 18, en date du 13 novembre 1917, vous a fait connaître que les prix moyens des charbons achetés pour le troisième trimestre de l'année 1917 par l'administration des chemins de fer de l'État ressortaient, des constatations faites, aux mêmes prix que pour le deuxième trimestre.

Ce maintien des prix du deuxième trimestre a donné lieu

Digitized by Google

à de nombreuses protestations et résultait de cette circonstance spéciale que pendant cette période aucun marché n'avait été passé par le réseau de l'État. Dans ces conditions, j'ai dû constater que le système adopté depuis le 1er janvier 1917 n'était pas adéquat aux circonstances de fait et ne permettait plus pour l'avenir de déterminer les prix réels.

J'ai, en conséquence, invité le Comité d'Électricité à rechercher un autre système de détermination du chiffre devant servir temporairement de base pour la fixation du prix de vente du kilowatt-heure.

Il y a lieu, en effet, de remarquer que l'adoption de la base du prix d'achat des charbons des chemins de fer de l'État n'a jamais été donnée par mon administration que comme une indication et à la condition que ces prix pourraient être connus régulièrement. Tel n'est plus le cas aujourd'hui et à la suite des études auxquelles à procédé, sur ma demande, le Comité d'Électricité, d'accord avec les représentants du ministère de l'Armement et du bureau national des charbons, il a paru que le prix, unique pour tout le territoire, qui avait été fixé antérieurement, ne correspondait plus aux nécessités de l'heure et qu'il devait être remplacé par des prix régionaux ou même spéciaux à certaines usines.

Ces prix ne seront plus notifiés par une circulaire générale, mais par des décisions spéciales à chaque région ou usine, au fur et à mesure de leur détermination qui continuera, d'ailleurs, à être effectuée par trimestre pour les motifs indiqués précédemment.

En ce qui concerne la fixation de cette nouvelle base, il y sera procédé par l'office des charbons, créé sur l'invitation de M. le ministre de l'Armement et des Fabrications de Guerre par le Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique, avec le concours et *sous le contrôle* du bureau national des charbons, en tenant compte désormais des coefficients d'équivalence pour les charbons français et de l'augmentation des frais de transport jusqu'au lieu de consommation.

Pour certaines régions ou usines, les prix continueront à être déterminés séparément pour les charbons en provenance des mines françaises et pour les charbons importés de Grande-Bretagne, à charge pour les intéressés de tenir compte des deux prix moyens ainsi fixés, dans la proportion qui conviendra à chaque cas d'espèce.

Dans d'autres régions ou pour certaines usines, au contraire, la situation permet actuellement d'en revenir au système plus simple du prix moyen unique.

C'est le cas en particulier de la région parisienne, qu'on peut considérer, à cet effet, comme s'étendant sur le territoire des départements de la Seine, de Seine-et-Oise et de Seine-et-Marne et sur les arrondissements de Senlis et de Beauvais dans le département de l'Oise et de Sens dans le département de l'Yonne. Pour cette région, il ressort dès à présent, suivant les nouveaux modes d'évaluation, que le prix moyen de base à indiquer pour le quatrième trimestre 1917 est de 110,36 fr sous les réserves et conditions ci-dessus mentionnées.

Ces indications, ainsi que les résultats d'espèce qui seront donnés par décisions spéciales, seront tenus à la disposition des intéressés. Le Bureau national des charbons, 107, boulevard Raspail, leur fournira à cet égard tous renseignements utiles.

A. Claveille.

Société internationale des Electriciens. — Assemblée générale annuelle. — La Société internationale des Électriciens a procédé, lors de son Assemblée générale annuelle du 4 avril 1918, à l'élection d'un président d'honneur et au renouvellement partiel du Bureau et du Comité d'Administration, opération que la guerre avait empêchée jusqu'ici.

M. Lucien Poincaré avait été désigné en 1914 pour prendre la présidence de la Société lors du prochain renouvellement du Bureau; depuis cette époque, il a été nommé Vice-Recteur de l'Académie de Paris. Il a cru, avec la délicatesse dont il a toujours fait preuve, que, dans ces conditions, il ne lui était plus possible d'accepter la présidence de la Société internationale des Électriciens car il aurait été à la fois, comme directeur de l'enseignement supérieur, chargé de contrôler l'École supérieure d'Électricité et, comme président de la Société internationale des Électriciens, président du Conseil d'administration de l'École. La Société, s'inclinant devant les scrupules de M. Lucien Poincaré, l'a nommé à l'unanimité Président d'honneur.

Les membres du Bureau qui ont été élus sont : Président pour l'exercice 1918-1919 : M. A. Larnaude, Ingénieur des Arts et Manufactures; Président pour l'exercice 1919-1920 : M. X. Devaux-Charbonnel, Ingénieur en chef des Télégraphes; Vice-présidents : MM. G. Cordier, Administrateur-Délégué de la Société Energie électrique du Littoral méditerranéen; A. Dennery, Inspecteur général des Postes et des Télégraphes; Ch. Guillaume, Directeur du Bureau international des Poids et Mesures; Secrétaire général : M. L. Joly, Ingénieur aux Ateliers Carpentier; Secrétaires : MM. G. Girousse, Secrétaire général du Triphasé; A. Léauté, Répétiteur de Physique à l'École polytechnique; Membres : MM. Aliamet, Ingénieur des Services électriques du Chemin de fer du Nord; G. Baignières, Ingénieur des Services techniques de l'exploitation des Chemins de fer de l'Est; S. Bizet, Directeur général des Stations centrales de la Compagnie générale d'Électricité; Dr A. Broca, Agrégé de la Faculté de médecine; L. Cahen, Ingénieur des Télégraphes; J. Cellerier, Directeur du Laboratoire d'essais au Conservatoire national des Arts et Métiers; G. Dehenne, Ingénieur en chef aux Établissements Harlé et Cie; A. Durand, Chef de Travaux au Laboratoire central d'Électricité; P. Langevin, Professeur suppléant au Collège de France; G. Locherer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; N. Mazen, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction des Chemins de fer de l'État; Ch. Mildé, Constructeur-Électricien; A. Perot, professeur de Physique; A. Petsche, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; A. Rateau, Président de la Société d'exploitation des Appareils Rateau; W. Rechniewski, Ingénieur; J. Rey, Ingénieur civil des Mines; P. Sailly, Directeur de la Maison P. Sailly, Caillet et Cie; Ch. Villiers, Ingénieur des Arts et Manufactures; Ch. Zetter, Directeur de l'Appareillage électrique Grivolas.

En outre, ont été élus comme commissaires des comptes : MM. H. Armagnat, Ingénieur-Conseil; R. Legouez, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; Marcel Meyer, Directeur de la Compagnie générale des Travaux d'Éclairage et de Force.

Pendant le dépouillement du scrutin, lecture fut faite du rapport sur la situation financière de la Société, des rapports de la Commission des comptes et du rapport sur la gestion de l'exercice 1917.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Note sur les pertes dans les tôles de fer aux fréquences élevées

Dans cette étude, communiquée à la Société internationale des Electriciens dans la séance du 14 mars 1918, l'auteur détermine la puissance dépensée séparément par courants de Foucault et par hystérésis dans une tôle de fer en admettant qu'il existe un retard angulaire constant τ entre l'induction $\mathfrak{B}$ dans la tôle et le champ $\mathfrak{H}$ qui la produit. Il en déduit l'épaisseur que doivent avoir les tôles d'un appareil alimenté par un courant de haute fréquence pour que la puissance totale dépensée soit minimum, puis il calcule le déphasage entre la tension et le courant dans le circuit d'une bobine de self-induction.

I. — L'étude des courants de Foucault dans les tôles de fer aux fréquences élevées a été faite en premier lieu par Oliver Heaviside et ensuite par J.-J. Thomson (1).

En France, la question a été considérée et traitée de nouveau par M. Boucherot, il y a une dizaine d'années (2).

Depuis, M. Jouaust (3) et M. Bethenod (4) se sont inquiétés de la complication apportée par le phénomène de l'hystérésis; ces auteurs ont introduit le susdit phénomène dans le calcul en utilisant le mode opératoire de Potier rapporté et exposé par M. Brylinski (5), suivant lequel on imagine que l'hystérésis établit un retard angulaire constant τ de l'induction $\mathfrak{B}$ sur le champ $\mathfrak{H}$ (6). En cherchant à déterminer le déphasage final entre la tension et le courant dans une bobine de self-induction à circuit magnétique fermé lorsque la fréquence augmente indéfiniment, M. Bethenod, en particulier, a démontré que ce déphasage limite au lieu d'être $\frac{\pi}{4}$ comme l'indiquent les formules de J.-J. Thomson est diminué d'un angle $\frac{\tau}{2}$ par l'hystérésis. En réalité, cette conclusion de M. Bethenod suivant laquelle le déphasage limite entre la tension et le courant est diminué par l'hystérésis d'un certain angle $\frac{\tau}{2}$ ne semble pas devoir être liée à aucune interprétation précise du phénomène de l'hystérésis; il est naturel, en effet, que les pertes par hystérésis, comme les pertes par courants de Foucault, tendent à watter le courant absorbé et à le mettre par conséquent en phase avec la tension.

Antérieurement à tout calcul, il est facile de se rendre compte comment l'hystérésis a une répercussion sur les courants de Foucault et comment surtout les courants de Foucault ont une répercussion sur les pertes par hystérésis. Si l'on suppose que l'hystérésis introduit un déphasage entre l'induction et les ampères-tours, on conçoit en premier lieu que la mise en équations des courants de Foucault s'en trouve affectée. D'autre part, la présence des courants de Foucault fait que l'induction dans une tôle varie du centre à la surface externe; comme les pertes par hystérésis croissent suivant une puissance de l'induction plus grande que 1, ces pertes sont plus fortes que si l'induction dans la tôle était supposée uniforme. Les pertes par hystérésis dépendent donc de la distribution de l'induction imposée par les courants de Foucault.

On devra s'inquiéter essentiellement de cette distribution de l'induction dans la tôle pour calculer les pertes par hystérésis. En particulier, si l'on imagine que ces pertes sont proportionnelles au carré de l'induction, ce qui est d'autant plus vraisemblable qu'à de hautes fréquences, on travaille à de faibles inductions, il faudra connaître, en quelque sorte, la valeur efficace dans l'espace de l'induction dans la tôle.

Nous nous proposons de refaire à notre tour la mise en équations des courants de Foucault, et d'étudier l'influence de l'hystérésis sur les pertes par courants de Foucault ainsi que les pertes par hystérésis mêmes. Il s'agit sans doute d'un exercice mathématique que tout le monde peut entreprendre, mais il nous a paru néanmoins intéressant de le poursuivre, car on aboutit à des formules utiles pour l'étude d'appareils à haute fréquence.

II. — Pour établir les équations des courants de Foucault, nous ne ferons pas intervenir directement, comme on le fait habituellement, les équations générales

(1) *La Lumière électrique*, 4 juin 1892, t. XLIV, p. 491.

(2) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, avril 1908, t. VIII, 2e série, p. 663-674.

(3) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, décembre 1915, t. V, 3e série, p. 355-370.

(4) *La Lumière électrique*, 24 juillet 1916, t. XXXIV, 2e série, p. 73.

(5) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, mars 1912, t. II, 3e série, p. 129-164.

(6) Au sujet de l'angle hystérétique voir également R. Jouaust, *Le Ferro-magnétisme*, 1911, p. 173, qui rappelle la formule de Steinmetz $\sin\tau = \frac{4\pi}{\mathfrak{B}^{1,4}}$.

Digitized by Google

de Maxwell: nous établirons ces équations par des considérations équivalentes plus familières aux ingénieurs.

Considérons (fig. 1) une tôle d'épaisseur $2a$. Prenons comme origine le plan XX parallèle aux faces S et S' de la tôle. Par raison de symétrie, les courants de Foucault qui traversent la tôle donnent lieu à des densités de courant égales et de signes opposés en des points symétriques x et x' situés à des distances égales Ox et Ox' de l'origine. Les courants de Foucault tendant à faire écran au flux qui traverse la tôle parallèlement aux faces S et S' ont, dans le plan de la figure, les directions indiquées par les flèches. On doit remarquer en outre que les ampères-tours qui agissent au point x pour la production du champ magnétique, sont ceux dus aux courants circulant dans la région située à droite de Ox et à gauche de Ox'. Les courants circulant à l'intérieur du volume limité par les plans parallèles à XX passant par x et x' ne produisent, en effet, aucun champ extérieur à ce volume.

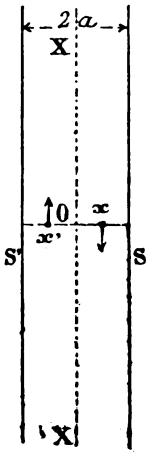


Fig. 1.

Désignons par δ la densité de courant dans la tôle au point x. La diminution d'ampères-tours par centimètre qui intervient lorsqu'on progresse d'une épaisseur dx vers la surface externe S de la tôle est $\delta\,dx$. L'induction $\mathcal{B}$ au point x doit subir une diminution $d\mathcal{B}$ correspondante telle que

$$d\mathcal{B} = -4\pi\mu\delta\,dx,$$

d'où

$$\frac{d\mathcal{B}}{dx} = -4\pi\mu\delta. \tag{1}$$

En réalité, la densité δ et l'induction $\mathcal{B}$ étant des fonctions harmoniques par rapport au temps peuvent se mettre sous la forme

$$\delta = \delta_1 \sin\omega t - \delta_2 \cos\omega t$$
$$\mathcal{B} = \mathcal{B}_1 \sin\omega t - \mathcal{B}_2 \cos\omega t,$$

en prenant une origine arbitraire des temps.

Dans ces conditions, l'équation (1) correspond aux deux équations suivantes :

$$\begin{cases} \dfrac{d\mathcal{B}_1}{dx} = -4\pi\mu\delta_1, \\ \dfrac{d\mathcal{B}_2}{dx} = -4\pi\mu\delta_2. \end{cases} \tag{2}$$

Si l'on imagine que l'hystérésis introduit un déphasage τ de l'induction sur les ampères-tours, on doit dire que tout se passe au point de vue des ampères-tours comme si la densité de courant δ correspondait à une densité fictive δ' déphasée de τ, telle que

$$\delta' = \delta_1 \sin(\omega t - \tau) - \delta_2 \cos(\omega t - \tau).$$

Les équations (2) deviennent alors

$$\begin{cases} \dfrac{d\mathcal{B}_1}{dx} = -4\pi\mu(\delta_1 \cos\tau - \delta_2 \sin\tau), \\ \dfrac{d\mathcal{B}_2}{dx} = -4\pi\mu(\delta_2 \cos\tau + \delta_1 \sin\tau). \end{cases} \tag{2'}$$

Suivant qu'on se propose de faire intervenir ou non le phénomène de l'hystérésis dans la mise en équations des courants de Foucault, on considérera les équations (2) ou (2').

Nous établirons une deuxième équation par la considération simple qui suit. La force électromotrice induite par centimètre dans la direction XX entre deux plans passant par les points d'abscisses x et $x+dx$ est

$$-\frac{d}{dt}\mathcal{B}\,dx = -\omega(\mathcal{B}_1 \cos\omega t + \mathcal{B}_2 \sin\omega t)\,dx.$$

Cette force électromotrice doit se trouver exactement équilibrée par la différence entre la chute ohmique par centimètre dans le plan passant par x et la chute ohmique par centimètre dans le plan passant par $x+dx$.

Cette différence est égale à $\rho\,d\delta$ si l'on désigne par ρ la résistivité de la tôle. On a donc

$$-\omega(\mathcal{B}_1 \cos\omega t + \mathcal{B}_2 \sin\omega t)\,dx = \rho\,d\delta = \rho\left(\frac{d\delta_1}{dx}\sin\omega t - \frac{d\delta_2}{dx}\cos\omega t\right)dx. \tag{3}$$

D'où les deux équations

$$\begin{cases} \omega\mathcal{B}_1 = \rho\dfrac{d\delta_2}{dx}, \\ \omega\mathcal{B}_2 = -\rho\dfrac{d\delta_1}{dx}. \end{cases} \tag{4}$$

Les équations (2') et (4) donnent lieu aux deux équations du second ordre suivantes :

$$\frac{d^2\delta_1}{dx^2} = \frac{4\pi\mu\omega}{\rho}(\delta_2 \cos\tau + \delta_1 \sin\tau),$$
$$\frac{d^2\delta_2}{dx^2} = -\frac{4\pi\mu\omega}{\rho}(\delta_1 \cos\tau - \delta_2 \sin\tau).$$

En posant

$$\frac{4\pi\mu\omega}{\rho} = 2m^2, \quad \sqrt{1+\sin\tau} = \alpha; \quad \sqrt{1-\sin\tau} = \beta$$

Digitized by Google

on a obtenu par intégration, A étant une constante d'intégration (1)

$$(6)\quad \begin{cases} \delta_1 = -A\,\dfrac{e^{m\alpha x}-e^{-m\alpha x}}{2}\cos m\beta x = -A\,\mathrm{sh}\,m\alpha x\cos m\beta x, \\ \delta_2 = A\,\dfrac{e^{m\alpha x}+e^{-m\alpha x}}{2}\sin m\beta x = A\,\mathrm{ch}\,m\alpha x\sin m\beta x. \end{cases}$$

On tire de là d'après (4) les valeurs de $\mathcal{B}_1$ et $\mathcal{B}_2$

$$(7)\quad \begin{cases} \mathcal{B}_1 = \dfrac{A\rho m}{\omega}(\alpha\,\mathrm{sh}\,m\alpha x\sin m\beta x + \beta\,\mathrm{ch}\,m\alpha x\cos m\beta x) \\ \mathcal{B}_2 = -\dfrac{A\rho m}{\omega}(\beta\,\mathrm{sh}\,m\alpha x\sin m\beta x - \alpha\,\mathrm{ch}\,m\alpha x\cos m\beta x). \end{cases}$$

Des solutions (6) on tire la valeur suivante de la densité maximum δ_{max} au point x.

$$(8)\quad \delta_{max} = \sqrt{\delta_1^2+\delta_2^2} = \frac{A}{\sqrt{2}}\sqrt{\mathrm{ch}\,2m\alpha x+\cos 2m\beta x}.$$

Des solutions (7) on tire la valeur suivante de l'induction maximum au point x,

$$(9)\quad \mathcal{B}_{max} = \sqrt{\mathcal{B}_1^2+\mathcal{B}_2^2} = \frac{A\rho m}{\omega}\sqrt{\mathrm{ch}\,2m\alpha x+\cos 2m\beta x}.$$

Nous pouvons maintenant déterminer la constante A soit en partant de l'induction apparente ou moyenne $\mathcal{B}_{app}$ dans la tôle, soit en partant des ampères-tours extérieurs par centimètre J qui agissent sur la tôle.

En partant de l'induction apparente, on constate que la tension par centimètre (qui doit équilibrer la chute ohmique due aux courants de Foucault), le long de la tôle, est $\omega\,\mathcal{B}_{app}\,a$. On a donc

$$\omega\mathcal{B}_{app}\,a = \frac{\rho A}{\sqrt{2}}(\mathrm{ch}\,2m\alpha a-\cos 2m\beta a)^{\frac{1}{2}},$$

d'où

$$(10)\qquad A = \frac{\sqrt{2}\,\omega a\mathcal{B}_{app}}{\rho(\mathrm{ch}\,2m\alpha a-\cos 2m\beta a)^{\frac{1}{2}}}.$$

En partant des ampères-tours extérieurs par centimètre J, on constate que l'induction à la surface de la tôle doit être égale à $4\pi\mu J$. On a donc

$$4\pi\mu J = \frac{A\rho m}{\omega}(\mathrm{ch}\,2m\alpha a+\cos 2m\beta a)^{\frac{1}{2}},$$

d'où

$$(11)\qquad A = \frac{\omega}{\rho m}\,\frac{4\pi\mu J}{(\mathrm{ch}\,2m\alpha a+\cos 2m\beta a)^{\frac{1}{2}}}.$$

(1) L'intégrale générale comporterait une deuxième constante, mais on trouve que cette constante doit être nulle pour que la condition de symétrie $\delta_1=\delta_2=0$ pour $x=0$ soit satisfaite.

Perméabilité apparente. — Les égalités (10) et (11) donnent lieu à l'égalité

$$\frac{\sqrt{2}a\mathcal{B}_{app}}{(\mathrm{ch}\,2m\alpha a-\cos 2m\beta a)^{\frac{1}{2}}} = \frac{4\pi\mu J}{m(\mathrm{ch}\,2m\alpha a+\cos 2m\beta a)^{\frac{1}{2}}}.$$

On tire de là immédiatement l'expression de la perméabilité apparente.

$$(12)\qquad \mu_{app} = \frac{\mu}{\sqrt{2}ma}\,\frac{(\mathrm{ch}\,2m\alpha a-\cos 2m\beta a)^{\frac{1}{2}}}{(\mathrm{ch}\,2m\alpha a+\cos 2m\beta a)^{\frac{1}{2}}}.$$

L'expression de la perméabilité se ramène bien à celle donnée par J.-J. Thomson dès que l'on suppose $\tau=0$, c'est-à-dire $\alpha=\beta=1$.

Il est nécessaire de connaître l'expression de la perméabilité apparente pour déterminer dans un projet d'appareil à haute fréquence les inductions moyennes ou apparentes en fonction des ampères-tours disponibles.

III. — Nous allons maintenant déterminer les pertes par courants de Foucault et par hystérésis en fonction de l'induction moyenne ou apparente.

Pertes par courants de Foucault. — Pour déterminer les pertes par courants de Foucault, il y a lieu de déterminer en quelque sorte la valeur efficace dans l'espace de la densité de courant δ_{max} c'est-à-dire la valeur de

$$\frac{1}{a}\int_0^a \delta^2_{max}\,dx.$$

On trouve

$$(\delta^2_{max})_{moy} = \frac{A^2}{2a}\int_0^a(\mathrm{ch}\,2m\alpha x-\cos 2m\beta x)\,dx = \frac{A^2}{4m\alpha}\left(\frac{\mathrm{sh}\,2m\alpha a}{\alpha}-\frac{\sin 2m\beta a}{\beta}\right).$$

Les pertes par courants de Foucault par centimètre cube seront, en tenant compte que la densité efficace dans le temps est $\sqrt{2}$ fois plus faible que la densité maximum,

$$W_F = \frac{A^2\rho}{8m\alpha}\left(\frac{\mathrm{sh}\,2m\alpha a}{\alpha}-\frac{\sin 2m\beta a}{\beta}\right).$$

En remplaçant la constante A par sa valeur (10) il vient

$$(13)\qquad W_F = \frac{\omega^2 a}{4m\rho}\,\frac{\dfrac{\mathrm{sh}\,2m\alpha a}{\alpha}-\dfrac{\sin 2m\beta a}{\beta}}{\mathrm{ch}\,2m\alpha a-\cos 2m\beta a}\,\mathcal{B}^2_{app}.$$

On voit tout de suite l'influence du phénomène de l'hystérésis sur les pertes par courants de Foucault.

Digitized by Google

Sans ce phénomène l'expression de ces pertes devient simplement

$$(13') \qquad W_f = \frac{\omega^2 a}{4m\rho}\,\frac{\operatorname{sh} 2ma - \sin 2ma}{\operatorname{ch} 2ma - \cos 2ma}\,\mathcal{B}^2_{app}.$$

Pertes par hystérésis. — Pour déterminer les pertes par hystérésis, il y a lieu de rappeler que l'hypothèse d'un déphasage constant τ de l'induction sur le champ suppose que les pertes par hystérésis sont proportionnelles au carré de l'induction maximum. Il faut donc déterminer en quelque sorte la valeur efficace dans l'espace de $\mathcal{B}_{max}$.

On trouve

$$(\mathcal{B}^2_{max})_{moy} = \frac{A^2\rho^2m^2}{\omega^2 a}\int_0^a (\operatorname{ch} 2m\alpha x + \cos 2m\beta x)\,dx = \frac{A^2\rho^2m^2}{2\omega^2 a}\left(\frac{\operatorname{sh} 2m\alpha a}{\alpha} + \frac{\sin 2m\beta a}{\beta}\right).$$

On sait, d'autre part, que l'hypothèse adoptée d'un déphasage constant entre l'induction $\mathcal{B}$ et le champ magnétisant $\mathcal{H}$ implique que, dans la formule donnant les pertes par hystérésis par cycle, $W_H = \eta\,\mathcal{B}^2_{max}$, la valeur du coefficient η est égale à $\frac{\sin\tau}{4\mu}$.

Les pertes par hystérésis par centimètre cube sont, dans ces conditions, égales à

$$W_H = \frac{\sin\tau}{4\mu}\,\frac{\omega}{2\pi}\,\frac{A^2\rho^2m}{2\omega^2 a}\left(\frac{\operatorname{sh} 2m\alpha a}{\alpha} + \frac{\sin 2m\beta a}{\beta}\right),$$
$$= \frac{\sin\tau}{8}\,\frac{A^2\rho}{ma}\left(\frac{\operatorname{sh} 2m\alpha a}{\alpha} + \frac{\sin 2m\beta a}{\beta}\right);$$

Soit, en remplaçant la constante A par sa valeur suivant (10)

$$(14) \qquad W_H = \frac{\omega^2 a \sin\tau}{4m\rho}\,\frac{\dfrac{\operatorname{sh} 2m\alpha a}{\alpha} + \dfrac{\sin 2m\beta a}{\beta}}{\operatorname{ch} 2m\alpha a - \cos 2m\beta a}\,\mathcal{B}^2_{app}.$$

Rapport des pertes. — On détermine immédiatement le rapport des pertes par hystérésis aux pertes par courants de Foucault. On trouve

$$(15) \qquad \frac{W_H}{W_F} = \frac{\dfrac{\operatorname{sh} 2m\alpha a}{\alpha} + \dfrac{\sin 2m\beta a}{\beta}}{\dfrac{\operatorname{sh} 2m\alpha a}{\alpha} - \dfrac{\sin 2m\beta a}{\beta}}\sin\tau.$$

A mesure que la fréquence augmente, ce rapport tend vers $\sin\tau$.

Pertes totales. — L'expression des pertes totales devient

$$(16) \qquad W_F + W_H = \frac{\omega^2 a}{4m\rho}\,\frac{\alpha \operatorname{sh} 2m\alpha a - \beta \sin 2m\beta a}{\operatorname{ch} 2m\alpha a - \cos 2m\beta a}\,\mathcal{B}^2_{app}.$$

Si on ne compliquait pas le calcul en introduisant le déphasage τ et si on cherchait à déterminer les pertes par hystérésis suivant la formule des pertes par cycle $W = \eta\mathcal{B}^2$ l'expression (14) conduirait, en remplaçant $\sin\tau$ par sa valeur $4\mu\eta$ et en faisant partout ailleurs dans l'expression $\tau = 0$, à la valeur suivante de W_H

$$(14') \qquad W_H = \frac{\mu\eta\omega^2 a}{\rho m}\,\frac{\operatorname{sh} 2ma + \sin 2ma}{\operatorname{ch} 2ma - \cos 2ma}\,\mathcal{B}^2_{app}.$$

Si l'on veut bien considérer l'incertitude où l'on se trouve au point de vue de la valeur exacte des pertes par hystérésis par cycle, pertes que les différents auteurs veulent proportionnelles à différents exposants de $\mathcal{B}$, cette dernière expression simple de W pourra souvent être utilisée.

Les pertes totales deviennent alors suivant (13') et (14').

$$(16') \qquad W_F + W_H = \frac{\omega^2 a}{4m\rho}\,\frac{(1+4\eta\mu)\operatorname{sh} 2ma - (1-4\eta\mu)\sin 2ma}{\operatorname{ch} 2ma - \cos 2ma}\,\mathcal{B}^2_{app}.$$

Pertes minima. — On peut se poser la question de déterminer les pertes par centimètre cube dans un volume total contenant les tôles et l'isolement entre tôles.

Soit ε l'épaisseur de l'isolant entre tôles, $\mathcal{B}'_{app}$ l'induction moyenne dans la section totale comprenant les tôles et l'isolement entre tôles. L'induction apparente dans la tôle même sera $\frac{2a+\varepsilon}{2a}\,\mathcal{B}'_{app}$. D'autre part, le volume occupé par le fer sera réduit dans la proportion $\frac{2a}{2a+\varepsilon}$. Finalement, les pertes par centimètre cube de volume total seront suivant (16)

$$(17) \qquad W_F + W_H = \frac{\omega^2(2a+\varepsilon)}{8m\rho}\,\frac{\alpha \operatorname{sh} 2m\alpha a - \beta \sin 2m\beta a}{\operatorname{ch} 2m\alpha a - \cos 2m\beta a}\,\mathcal{B}'^2_{app}.$$

L'épaisseur de tôles $2a_{opt}$ qui donnera le minimum de pertes dans un volume donné sera celle qui rendra minimum l'expression précédente, c'est-à-dire, en prenant la dérivée de cette expression par rapport à a, celle qui sera la solution de l'équation transcendante

$$(18) \qquad 2m(2a+\varepsilon)\,\frac{1-\operatorname{ch} 2m\alpha a\cos 2m\beta a}{\operatorname{ch} 2m\alpha a - \cos 2m\beta a} + \alpha \operatorname{sh} 2m\alpha a - \beta \sin 2m\beta a = 0.$$

Comme application numérique faisons

$$\mu = 2\,000,$$
$$\rho = 4.10^{4},$$
$$\omega = 2\pi \times 30\,000,$$
$$\varepsilon = 0{,}003.$$

D'où

$$m = \sqrt{\frac{2\pi\mu\omega}{\rho}} = 243{,}5.$$

Digitized by Google

On trouve alors pour $2a_{opt}$ les valeurs suivantes.

avec $\sin\tau = 0{,}2$, $2a_{opt} = 0{,}027$ mm
$\sin\tau = 0{,}3$, $2a_{opt} = 0{,}0315$ mm
$\sin\tau = 0{,}5$, $2a_{opt} = 0{,}0375$ mm

Déphasage entre la tension et le courant dans une bobine de self-induction à circuit magnétique fermé. — Nous avons évalué directement les pertes sans chercher à déterminer, comme on le fait généralement le déphasage φ entre la tension et le courant. Connaissant les pertes, nous pouvons inversement déterminer très facilement ce déphasage.

En effet la tension maximum V induite par spire par centimètre carré sera $\omega\mathcal{B}_{app}$ et la puissance consommée par centimètre cube sera par suite

$$\frac{VJ}{2}\cos\varphi = \frac{\omega\mathcal{B}_{app}J}{2}\cos\varphi.$$

D'autre part, nous connaissons cette puissance suivant (16) et nous connaissons d'ailleurs la valeur de $\mathcal{B}_{app}$ en fonction de J d'après celle de la perméabilité apparente. En égalant entre elles les deux expressions des pertes on établit immédiatement la valeur de $\cos\varphi$. On trouve

$$\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{2}}\frac{\alpha\,\mathrm{sh}\,2m\alpha a - \beta\sin 2m\beta a}{(\mathrm{ch}^2 2m\alpha a - \cos^2 2m\beta a)^{\frac{1}{2}}}.$$

Dès que m tend vers l'infini $\cos\varphi$ tend vers $\sqrt{\frac{1+\sin\tau}{2}}$ c'est-à-dire que φ tend vers l'angle $\frac{\pi}{4} - \frac{\tau}{2}$, ainsi que M. Bethenod l'a démontré. On a en effet

$$\sqrt{\frac{1+\sin\tau}{2}} = \cos\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\tau}{2}\right).$$

Déphasage entre la tension et le courant dans une bobine de self-induction à circuit magnétique ouvert. — Dans une bobine à circuit magnétique ouvert comportant un entrefer qui multiplie par k la réluctance apparente du circuit magnétique, l'induction est pour les mêmes ampères-tours J divisée par k. Les pertes sont par conséquent divisées par k^2 tandis que la tension induite aux bornes est divisée par k. Dans ces conditions on trouve que le déphasage φ' devient tel que

$$\cos\varphi' = \frac{\cos\varphi}{k};$$

$\cos\varphi$ conservant la valeur indiquée au paragraphe précédent.

Au fur et à mesure qu'on augmente l'entrefer, la tension et le courant tendent bien à se mettre en quadrature. Généralement, c'est $\mathrm{tg}\,\varphi'$ que l'on doit faire le plus grand possible.

Nous reviendrons plus tard sur la question importante de la construction des bobines de self-induction à faibles pertes (avec fer ou sans fer) pour une fréquence donnée.

Marius Latour.

Unification des bouts d'arbres des moteurs électriques

La note ci-dessous indique les dimensions qui ont été adoptées par les constructeurs électriciens pour les bouts d'arbres des moteurs.

L'utilisation des moteurs électriques de toutes puissances pour la commande des pompes centrifuges, ventilateurs, machines-outils, etc., est de plus en plus répandue, aussi les constructeurs des appareils actionnés par les moteurs électriques ont rencontré des difficultés, en raison des divergences existant dans les cotes de bouts d'arbres des moteurs électriques provenant des divers constructeurs spécialistes.

Pour parer à cet inconvénient, les constructeurs de matériel électrique ont été conduits, dans certains cas, sur demande de leur clientèle, de modifier leurs types existants en ce qui concerne ces cotes de bouts d'arbres.

D'une façon générale, la situation est donc la suivante :

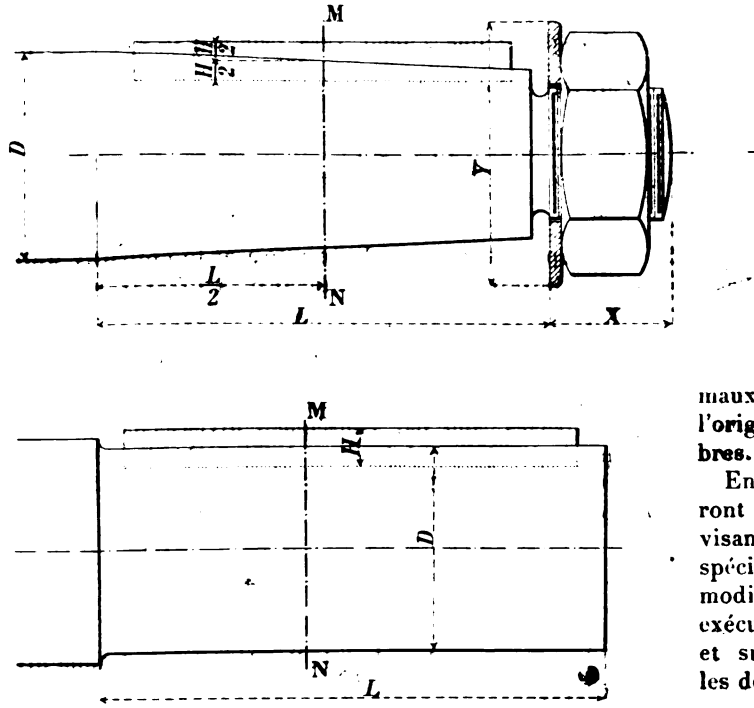
Ou bien utiliser des moteurs électriques normaux, ce qui conduit à un manque total d'unification pour les constructeurs utilisant des moteurs.

Ou bien adapter les cotes des moteurs aux exigences de celui qui les utilise et avoir, par conséquent, autant d'arbres spéciaux, d'où difficultés considérables pour les rechanges.

Au cours de diverses conférences, les constructeurs de gros matériel électrique ont examiné et reconnu la possibilité d'unifier certaines dimensions extérieures des machines électriques, sans toutefois nuire aux conditions individuelles des diverses maisons.

Il a été décidé tout d'abord de procéder à l'unification des bouts d'arbres, en appliquant à toute construction

Digitized by Google



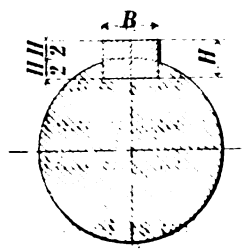


Fig. 1.

nouvelle, à l'exception toutefois des moteurs de traction, les dimensions indiquées au tableau ci-dessous.

L'intérêt de cette unification est indiscutable au point de vue de l'utilisation du matériel puisqu'elle conduira à avoir pour tous les moteurs normaux de puissance comparable et quelle que soit l'origine, les mêmes dimensions de bouts d'arbres.

En ce qui concerne les constructeurs, ils éviteront de ce fait des réclamations de la clientèle visant, soit l'établissement de bouts d'arbres spéciaux, soit, ce qui est encore plus grave, les modifications des bouts d'arbres de moteurs déjà exécutés, ce qui entraîne à des frais appréciables et surtout augmente, d'une manière fâcheuse, les délais de livraison du matériel.

TABLEAU I. — *Tableau des dimensions des bouts d'arbres des moteurs électriques.*

DIAMÈTRE DE L'ARBRE *D* en mm	LONGUEUR DE LA PORTÉE *L*			DIMENSIONS DE LA CLAVETTE		LONGUEUR DE LA PARTIE FILETÉE *X* (2)	DIAMÈTRE DE LA RONDELLE *Y* (2)
	CYLINDRIQUE	CONIQUE		largeur *B*	hauteur *H*		
	en mm	moteurs normaux en mm	moteurs genre traction en mm	en mm	en mm	en mm	en mm
10	25	22	15	(1)	(1)	10	17
12	30	26	18	(1)	(1)	12	20
15	38	34	22	6	4	15	25
17	42	38	25	6	4	17	30
20	50	44	30	8	5	20	30
25	62	55	38	8	5	25	35
30	75	66	45	10	7	25	45
35	88	78	52	10	7	35	50
40	100	88	60	12	8	35	55
45	110	100	68	12	8	35	55
50	125	110	75	12	8	40	65
55	135	120	80	15	10	40	65
60	150	130	90	15	10	45	75
65	160	140	100	15	10	45	75
70	170	150	105	20	13	55	90
75	180	160	110	20	13	55	90
80	190	170	115	20	13	60	110
90	210	190	125	25	16	65	110
100	230	210	130	25	16	70	130
110	250	230	135	25	16	75	130
120	270	250	145	30	20	80	150
130	290	270	155	30	20	90	150
140	310	285	160	35	24	90	180
150	330	300	165	35	24	100	180
160	350	320	170	35	24	100	200
180	375	340	180	40	28	110	220
200	400	360	200	40	28	110	250

(1) Il suffit d'une vis pointeau pour les bouts d'arbres cylindriques et d'un serrage pour les bouts d'arbres coniques.
(2) Les dimensions *X* et *Y* sont des dimensions maxima qui ne doivent, en aucun cas, être dépassées.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Dispositifs expérimentaux pour la production électrothermique des hautes températures : fours électriques de laboratoire pour analyses et recherches

Le four de laboratoire idéal serait certainement celui qui, tout en facilitant l'obtention de « très hautes températures », permettrait d'atteindre ces dernières « progressivement » et, au besoin, de maintenir pendant un temps quelconque une température déterminée. C'est un tel dispositif qui convient, en particulier, à la plupart des recherches de laboratoire et que l'auteur de la présente étude a lui-même recherché dans ses travaux expérimentaux de synthèse minérale. Dans l'impossibilité actuelle de réaliser simultanément ces deux conditions d'une façon satisfaisante, on a imaginé des dispositifs variés qui, suivant leur agencement et l'énergie mise en jeu, peuvent se spécialiser dans leurs applications. M. Escard donne la description, le mode d'emploi et le but principal des principaux fours de laboratoire actuellement connus et utilisés dans la pratique.

La production *industrielle* des températures élevées (entre 1000° et 2500° environ) est réalisée aujourd'hui avec des rendements suffisants, par l'emploi des fours électriques dont il existe des types variés et nombreux. Les difficultés sont plus grandes dans les fours de *laboratoire*, vu l'exiguïté de la chambre de chauffe et la multiplicité des opérations auxquelles doivent se prêter les appareils. Les matériaux des fours, leurs dimensions, les procédés utilisés pour satisfaire les réactions en vue et le mode de production de la chaleur sont autant de coefficients qui jouent un rôle important dans les résultats obtenus.

En passant sous silence les fours à bain de sels et les fours à induction, qui sont d'un emploi trop spécial ou trop compliqué, on peut diviser comme suit les appareils susceptibles d'être utilisés au laboratoire pour la production électrothermique des températures élevées :

1° Fours à lames ou fils métalliques résistants entourant des tubes réfractaires ;

2° Fours à arc ;

3° Fours à arc et résistance ;

4° Fours à résistance.

Suivant leur agencement et les matériaux qui les constituent, ils peuvent fournir de 700 à 2500°, les plus hautes températures étant données par les fours à arc. Les fours à fils et lames ne donnent guère plus de 1500°, mais leur maniement est très simple et ils permettent d'élever ou d'abaisser graduellement la température ; les fours à résistance donnent des fusions régulières et se prêtent très bien aux expériences sur les métaux, alliages et composés métalliques. Les fours à arc, qui permettent de localiser sur un point précis une température très élevée (près de 3000°) se prêtent particulièrement bien aux recherches sur les produits gazeux et notamment aux expériences de synthèse.

Quel que soit le dispositif adopté, il est essentiel cependant que le four réunisse des qualités d'isolement parfait. De plus, l'enceinte doit être constituée par des matériaux aussi *réfractaires* que possible ; on emploie plus particulièrement le charbon et le carbonate de chaux parmi les produits naturels, la chaux, la magnésie l'alundum, le siloxicon, l'azoture de bore, la chromite, le quartz fondu parmi les produits artificiels. Comme matériaux *résistants*, on utilise des métaux très peu fusibles comme le platine, le tungstène ou des mélanges semi-conducteurs comme le kriptol, formé de carborundum et de charbon. Les *creusets* sont en charbon, en magnésie, en métaux réfractaires ou en agglomérés moulés et cuits. On a même utilisé des creusets formés de plusieurs parties, de manière à constituer un point de résistance (fond ou surface latérale) sur lequel vient se concentrer toute la chaleur ; ils rendent de précieux services dans certaines opérations de fusion.

Ajoutons que, pour rendre les appareils bien étanches, on utilise des produits faciles à manipuler et de prix peu élevé tels que l'amiante (bourre, fils et poudre), le sable, la porcelaine. M. Billon-Daguerre a proposé le quartz fondu transparent pour la confection des fenêtres destinées à permettre à l'expérimentateur de suivre les réactions à l'intérieur du four. Cette substance remplace avantageusement le mica dont on a dû se contenter jusqu'à ces derniers temps pour cet usage.

I. — **Fours à lames ou fils résistants.** — Il est facile de construire un four électrique en enroulant simplement un fil de platine autour d'un tube en matière réfractaire et en portant le métal à la température du rouge blanc par le passage d'un courant. De nombreux dispositifs ont été proposés et employés pour arriver au maximum de rendement calorifique. Pour les appareils

Digitized by Google

ne nécessitant pas plus de 800 à 900°, en a adopté les fils de *nickel* pur. Ce métal fond à 1 480° environ, mais il présente l'inconvénient d'absorber de l'oxigène bien avant sa fusion ; il devient alors cassant. Comme tube réfractaire ou peut employer de l'*alundum*, substance formée par une sorte d'émeri artificiel résultant de la fusion de la bauxite ; le talc, qu'on travaille aisément (variété *stéatite*), et le quartz fondu, qui se laisse facilement traverser par les rayons calorifiques et est en outre un parfait isolant infusible, conviennent également.

Le *nickélo-chrome*, alliage de nickel et de chrome, s'emploie sous forme de rubans enroulés autour d'une chambre réfractaire. Sa résistivité est très grande, car elle est près de dix fois supérieure à celle du platine ; il est de plus à peine oxydable même à des températures très élevées. Un four modérément conduit et fait de cet alliage peut fonctionner près de 1 000 heures sans réparations et donner 1100°. La figure 1 représente un petit

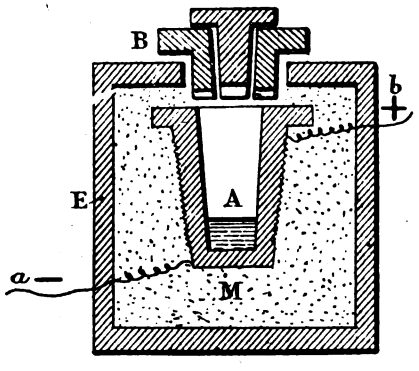


Fig. 1. — Four à fil de nickélo-chrome.

four ainsi établi. Il comprend un creuset de fusion A en alundum, cannelé sur sa surface extérieure de façon à loger dans ses rainures le fil résistant *ab* relié au circuit extérieur. Autour du creuset se trouve un isolant électrique et calorifuge M (bourre d'amiante) renfermé dans un récipient E.

Ce four peut fondre 200 g d'aluminium en 10 minutes et s'adapte à toute prise de courant d'un circuit à 110 v. L'intensité absorbée est de 3 à 4 A. L'appareil se ferme à sa partie supérieure par un bouchon B en terre réfractaire.

L'*iridium* permet d'atteindre des températures plus élevées que les corps précédents. On l'utilise sous forme de fils très fins, mais surtout à l'état de tubes. Certains alliages complexes de fer, nickel, calcium et aluminium, les fils de tungstène et de molybdène donnent aussi de bons résultats.

Il faut également signaler le charbon utilisé sous forme de spirales dont on enveloppe des tubes en porcelaine de magnésie pur. Ces spirales sont obtenues par découpage de la matière dans des cylindres de charbon de cornue ou de graphite. A l'aide d'un courant d'intensité suffisante, on peut porter le tube à 2500° environ. On évite l'action comburante de l'air en noyant les spires de charbon dans une poussière isolante protégée elle-même par un calorifuge.

Mais, au lieu de fils ou de lames, on peut tout aussi bien utiliser un réseau de *mailles* serrées de fils métalliques, en platine par exemple, fixé à la paroi du tube de chauffe par une glaçure. Les appareils construits d'après ce principe sont plus robustes que les précédents mais ne permettent pas de dépasser 1 200°.

L'avantage des *lames* sur les fils est de pouvoir se fixer plus facilement sur la surface du tube de chauffe et de supprimer ainsi les déperditions de chaleur. L'enroulement est fait de façon que les spires soient séparées de quelques millimètres seulement pour que la surface chauffante soit presque entièrement recouverte. Il existe un grand nombre de modèles, les tubes pouvant occuper la position horizontale ou verticale et être fermés ou non à leurs extrémités. Les feuilles de platine n'ont généralement pas plus de 7 à 10 millièmes de millimètre d'épaisseur, 13 à 15 mm de largeur et 15 à 60 cm de longueur suivant la température à obtenir et la puissance du four. Le diamètre des tubes-supports varie entre 10 et 60 cm.

Ces fours (fig. 2) sont surtout utilisés pour les analyses et les incinérations. Les températures sont faciles à évaluer à l'aide de couples thermo-électriques renfermés dans des tubes réfractaires et qu'il suffit d'introduire dans le four à un moment quelconque. A l'aide d'un galvanomètre et d'une table de concordance, on obtient immédiatement la température. Par l'emploi d'un rhéostat, on peut modifier cette dernière dans de grandes limites. Les températures maxima ne doivent cependant pas être maintenues trop longtemps car des accidents pourraient se produire au tube de chauffage par suite d'électrolyse et de volatilisation partielle du platine. Lorsque l'appareil occupe la position verticale, les températures sont inférieures de 100° environ dans le tube par suite du courant d'air ascendant qui le refroidit.

Les divers appareils de manœuvre et de mesure sont placés sur un tableau de distribution analogue à ceux qui servent dans l'éclairage, ce qui simplifie les manipulations.

Pour l'entrée et la sortie du courant, on peut se servir de connexions en gros fils de ferro-nickel reliés directement aux lames en fils de platine. Les fils de cuivre s'oxydent, en effet, plus ou moins rapidement pendant le passage du courant et perdent de leur solidité. Pour assurer l'isolement du platine autour du tube de chauffe, il est bon de le noyer complètement dans une couche de magnésie.

La supériorité de ces appareils sur les fours à gaz consiste surtout en ce qu'ils permettent de régler la température d'une manière assez précise et d'opérer toujours dans une atmosphère connue. Les fours verticaux sont généralement destinés à recevoir un creuset ; ils sont mobiles, de manière à faciliter les manipulations, le creuset étant placé sur un support extérieur fixe.

A côté de ces fours à haute température, on peut ranger les appareils pour chauffage à basse tempéra-

Digitized by Google

ture. Les résistances sont constituées par des éléments formés d'une bougie en terre siliceuse sur laquelle se trouve enroulé un fil métallique en alliage résistant de grande durée. Chacun de ces éléments est amovible et facile à remplacer. Ces appareils peuvent être utilisés avantageusement pour le chauffage des entonnoirs en cuivre pour filtrations à chaud, des étuves à vide et à air chaud, des générateurs d'eau chaude, des bains de sable. On a construit aussi, dans ces dernières années, beaucoup de modèles d'étuves chauffées électriquement et qui répondent à des besoins divers.

II. — **Fours à arc.** — La chaleur est produite directement par la flamme de l'arc jaillissant entre une ou plusieurs paires de charbons disposés verticalement ou horizontalement. On utilise, non seulement les courants continus et alternatifs simples, mais aussi les courants diphasés et triphasés; de même, on peut placer plu-

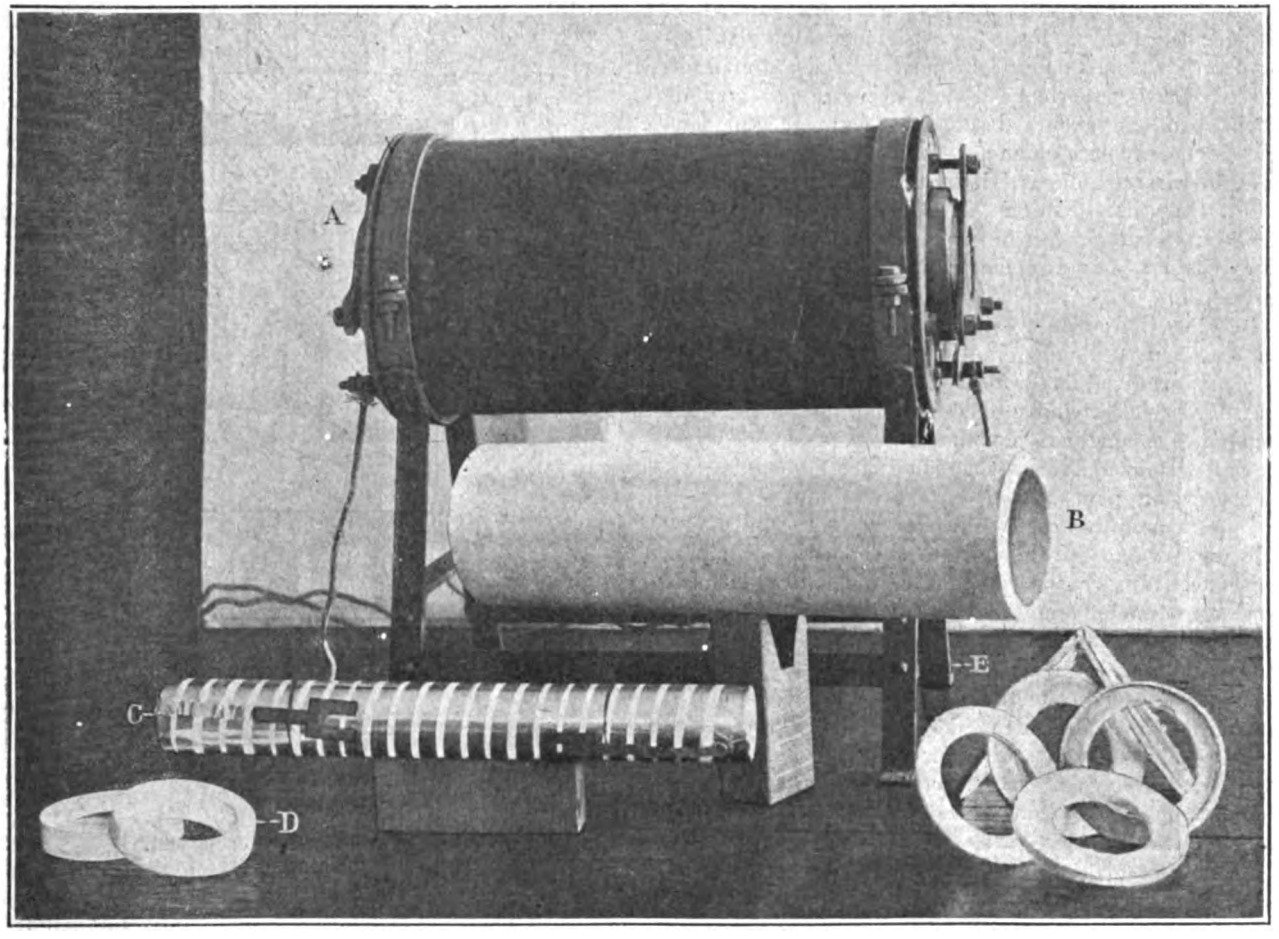


Fig. 2. — Four électrique, système Poulenc, à lame de platine.

A, four monté; B, tube de protection; C, tube de chauffage recouvert de la lame de platine; D, rondelles placées aux extrémités du tube C; E, supports isolants du tube C.

sieurs arcs sur le même circuit, absolument comme on le fait pour les installations d'éclairage. Comme électrodes, on se sert le plus généralement de charbons graphitiques, mais on peut également utiliser des électrodes métalliques (cuivre, fer, etc.), surtout quand l'arc jaillit dans une enceinte gazeuse.

Les fours Clerc, Moissan-Violle, Minet, etc., sont du type *four à arc horizontal*. L'appareil comprend essentiellement un bloc de calcaire creusé d'une cavité dans laquelle on place le creuset de fusion. Celui-ci est muni d'un couvercle réfractaire et percé de deux ouvertures latérales qui donnent accès aux électrodes. On rapproche ces dernières à la main au fur et à mesure de leur usure. Le tout est surmonté d'une plaque épaisse de calcaire et maintenu mécaniquement par des bandes de fer.

Ce genre de four convient particulièrement aux expériences de fusion et de volatilisation; il ne permet cependant pas d'éviter l'action des gaz (acide carbonique, oxyde de carbone, hydrogène) qui remplissent peu à peu le creuset et proviennent, soit des électrodes ou du calcaire décomposé, soit de la vapeur d'eau qui prend naissance au cours des réactions.

Le four à tube supprime cet inconvénient. Il diffère

Digitized by Google

du précédent par la substitution au creuset d'un tube de charbon qui traverse le four perpendiculairement aux électrodes et au sein même de l'arc. Les corps ou les mélanges de corps à traiter ou à fondre sont introduits dans ce tube par une extrémité. Pour éviter l'action du carbone, on peut revêtir intérieurement ce tube d'une couche de magnésie, et, au besoin, le faire traverser par un courant gazeux.

C'est à l'aide de ce dispositif que Moissan a pu, pour la première fois, obtenir un grand nombre de carbures, borures, siliciures, etc., et préparer des métaux et alliages réfractaires. Pour les expériences de volatilisation, on emploie le four ordinaire à creuset, mais on perce la paroi supérieure d'une ouverture par laquelle s'échappent les vapeurs; la condensation s'effectue dans une cloche en verre ou en quartz fondu placée au-dessus et au besoin refroidie extérieurement par une circulation d'eau. Les cristallisations de substances difficilement fusibles (chaux vive, strontiane, baryte, oxydes et silicates divers) sont aisément réalisables à l'aide de ce dispositif.

Le four Clerc-Minet est basé sur cette constatation que la longueur d'un arc jaillissant dans une cavité ménagée au centre d'une masse réfractaire (chaux ou magnésie) peut atteindre plusieurs centimètres pour des constantes électriques moyennes, 40 A sous 50 V par exemple. Pour une force électromotrice constante, soit 50 à 60 V, on peut donner à l'arc une longueur quelconque, à condition de faire varier la section transversale de la cavité proportionnellement à une certaine puissance (plus grande que l'unité) de la longueur de l'arc, et, en même temps, l'intensité du courant proportionnellement à une autre puissance (plus petite que l'unité) de cette section. Les valeurs de ces puissances correspondent à une température de l'arc sensiblement constante. L'arc étant bien établi, on peut y introduire un creuset en substance réfractaire conductrice (charbon) ou non conductrice (chaux, magnésie) sans que l'arc s'éteigne ni que ses constantes électriques se modifient sensiblement.

Le four établi d'après ces principes se compose de deux corps principaux A et F (fig. 3) en substance réfractaire et isolante. Le corps A est percé, suivant son axe vertical, de deux trous cylindriques : l'un B constitue l'enceinte proprement dite et a 3 cm de diamètre sur 6 cm de hauteur ; l'autre livre passage au creuset de réaction C dont la capacité est de 2 cm^3 environ. Le creuset est maintenu et dirigé dans l'axe par un support S qui s'appuie sur un bras terminé par une glissière G à vis d'arrêt et pouvant coulisser le long d'un des pieds P de l'appareil. Il peut ainsi occuper une position quelconque dans l'enceinte B suivant l'écartement des électrodes E qui sont en charbon. Le bloc F, percé d'une ouverture, forme couvercle et permet le dégagement des vapeurs.

En employant des puissances électriques de 1 à 2 kw, on peut effectuer, au moyen de ce four, des recherches par voie sèche à toutes températures, depuis le rouge sombre, (le creuset et les électrodes occupant les positions représentées par la figure 3), jusqu'à la température de l'arc (position de la figure 4). La capacité du creuset permet d'opérer sur 2 à 40 g de matières suivant la densité de ces dernières.

Avec des intensités comprises entre 30 et 40 A, l'arc se maintient malgré l'usure des charbons. On peut du reste écarter les électrodes jusqu'à l'extrême limite sans qu'il s'éteigne. Lorsque, après avoir retiré complète-

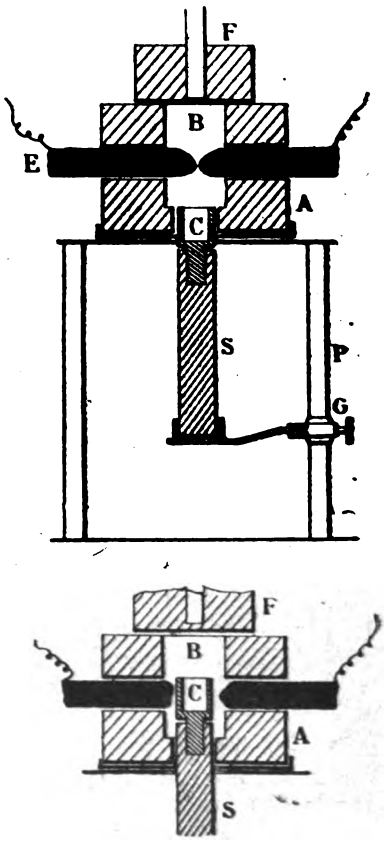


Fig. 3 et 4. — Four Clerc-Minet.

ment une électrode de l'appareil, on l'y introduit rapidement, l'arc se rallume à distance. Le courant dérivé par les parois du four portées à la température de fusion de la magnésie est insensible.

Le four Gabreau, qui a été utilisé au Conservatoire national des Arts et Métiers, comporte deux arcs montés en série sous 110 V ; un rhéostat de réglage permet de faire varier la tension aux bornes. Le creuset, placé entre les deux arcs, est soutenu par une pièce réfractaire qui traverse le fond de l'appareil. On peut lui donner à la fois un mouvement de rotation sur lui-même et un mouvement de montée et de descente vertical. Le premier mouvement est obtenu à l'aide d'une courroie actionnée par un petit réducteur de vitesse qu'entraîne un moteur électrique, la courroie faisant tourner l'arbre vertical qui porte le creuset. Le second mouvement est provoqué par un électro-aimant qui attire ou repousse

Digitized by Google

cet arbre suivant que le circuit, alimenté sous 110 v, est interrompu ou établi par un commutateur monté sur le réducteur de vitesse précédent.

Ce dispositif permet de réaliser rapidement et régulièrement des opérations de fusion et de trempe. C'est ainsi qu'en partant du four froid, on peut fondre aisément 300 g de nickel en un quart d'heure, avec un courant de 75 A.

Aux fours du type *four à arc vertical* se rattache celui de Poulenc et Meslans dont le creuset constitue lui-même une des électrodes ; il est fixe et constitué par un bloc de charbon recouvert ou non intérieurement de magnésie. L'électrode verticale, mobile, est reliée au couvercle de l'appareil, de sorte que l'arc est amorcé par la fermeture du four qui met en même temps les charbons en contact. Cet appareil, qui est avant tout un four à expériences, peut être utilisé comme appareil à distillation ; il suffit d'adapter au couvercle un tube réfractaire pour le dégagement des vapeurs.

Il est du reste facile de construire soi-même un petit four de laboratoire à arc vertical, peu coûteux et permettant d'effectuer de nombreuses recherches ou démonstrations en adoptant le dispositif représenté par la figure 5. Il comprend essentiellement deux blocs de

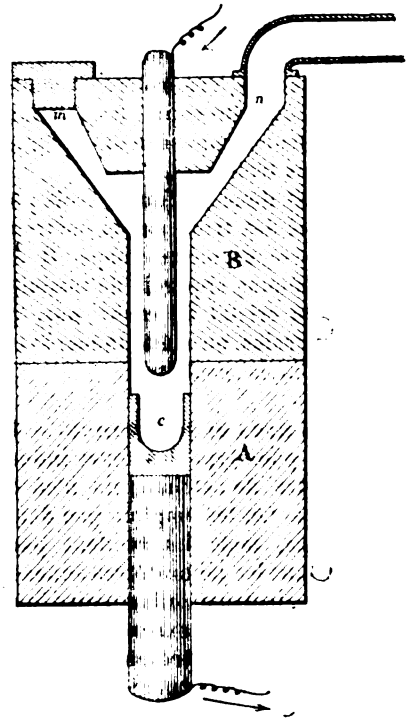


Fig. 5. — Petit four à arc pour expériences de fusion et de réduction.

chaux A et B qu'on a découpés à la scie dans de gros fragments de cette matière et percés chacun d'une ouverture cylindrique pour le passage des électrodes. Le bloc supérieur B est muni de deux autres ouvertures m et n servant, la première m à l'introduction des matières à traiter ou à fondre, la seconde n au dégagement des vapeurs si le four doit être utilisé comme appareil de distillation. On utilise un creuset-électrode c relié directement à l'un des pôles du circuit. On peut aussi, en vue d'assurer l'étanchéité et l'isolement calorifique de l'ensemble, entourer l'appareil de feutre d'amiante et, en outre, le protéger mécaniquement par un revêtement en tôle de fer un peu épaisse.

Dans ces fours à arc vertical, ce dernier jaillit d'abord, au moment de l'amorçage, entre le creuset-électrode et l'électrode supérieure, puis entre celle-ci et les produits contenus dans le creuset, lesquels sont généralement assez conducteurs à l'état fondu.

Lorsqu'on a besoin d'appareils permettant des réactions entre gaz ou dans une atmosphère gazeuse à haute température, on utilise des fours ayant une disposition différente. Les électrodes peuvent être en carbone ou en métal ; parfois elles jouent un rôle chimique dans les réactions à produire et peuvent affecter des formes très variées.

L'œuf électrique de Berthelot, qui a permis à ce savant de réaliser la synthèse de l'acétylène, est le type de ces appareils. C'est un véritable four électrique composé de deux électrodes de charbon dont l'une est creuse et sert à l'introduction de l'hydrogène au sein même de l'arc ; l'autre électrode fournit le carbone. La réaction s'effectue très régulièrement et d'une façon continue.

Le four Salmon diffère de l'œuf Berthelot en ce qu'il a sa paroi extérieure constituée par du quartz fondu et qu'il est de dimensions plus grandes ; il permet de réaliser de nombreuses expériences synthétiques telles que : décomposition de la vapeur d'eau avec produits variables suivant l'intensité du courant, c'est-à-dire suivant la température ; combinaison du gaz ammoniac avec le carbone et production de cyanure d'ammonium ; union directe de l'azote et du carbone avec production de cyanogène ; préparation des oxydes d'azote, de l'acide nitrique, etc.

Pour ce dernier produit, le four Pauling convient particulièrement bien, grâce à la disposition des électrodes, qui permettent à l'arc de réagir au sein même des gaz mélangés. Il comprend une chambre à parois réfractaires M, M' (fig. 6) dans laquelle se trouvent deux électrodes creuses en fer E, E' traversées par une circulation d'eau bb. Elles forment entre elles un V et, à leur partie inférieure, possèdent deux couteaux *i*, *i'* destinés à amorcer l'arc. Lorsque l'appareil est en fonctionnement, l'arc, obéissant au courant d'air chaud ascendant qui l'entraîne vers la partie supérieure des électrodes, quitte les points d'amorçage i, i' et s'agrandit sans cesse en prenant la forme indiquée par les courbes pointillées, comme dans un parafoudre à cornes. Il finit par s'éteindre mais se rallume en i, i', et cela constamment, de sorte que les substances gazeuses qui entrent dans l'appareil en m sont en pleine réaction dans l'arc et ne s'échappent par l'ouverture de sortie n qu'une fois transformés.

Cet appareil est très pratique en ce sens qu'il supprime toute manipulation des électrodes, qu'il évite

Digitized by Google

l'échauffement de ces dernières et l'emploi du carbone. Les électrodes sont interchangeables et leur remplacement ne demande que quelques minutes.

Certains dispositifs permettent, avec quelques modifications, de rendre ces appareils complètement étanches, de manière à leur permettre de servir comme appareils

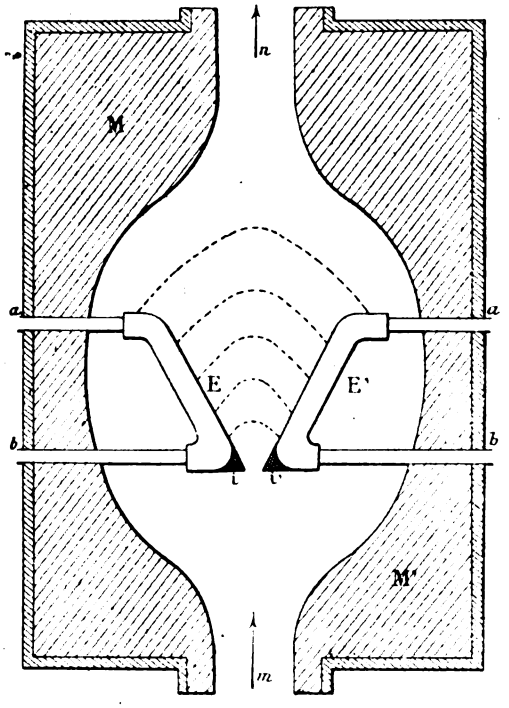


Fig. 6. — Four à arc pour réactions gazeuses.

fonctionnant sous pression ou, au contraire, dans le vide.

Les fours à arcs diphasés et triphasés facilitent l'emploi direct des courants des secteurs lorsqu'on ne

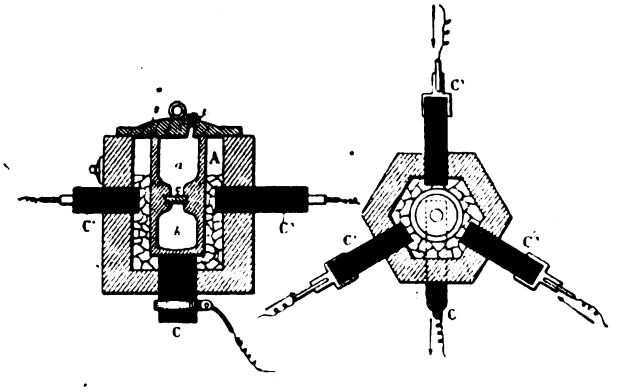


Fig. 7 et 8. — Four à arc triphasé, système Billon-Daguerre (coupes verticale et horizontale).

possède pas de courant continu ni de courant alternatif simple. Comme type de ces appareils nous citerons le four Billon-Daguerre (fig. 7 et 8) qui utilise les courants triphasés avec le montage en étoile. Le creuset A est constitué par un mélange de graphite et de carborundum ou par de la magnésie. Il se compose de deux compartiments superposés a et b. Le compartiment supérieur a, de capacité assez grande, reçoit la matière à fondre; il est fermé par un couvercle s qui recouvre en même temps la partie supérieure du four et est en outre muni d'une ouverture à bouchon i. Le compartiment inférieur b est de plus petite capacité ; il est réuni au premier par une ouverture cylindrique qui peut être au besoin obturée par une vanne e en matière réfractaire et mobile horizontalement. La matière fondue en a s'écoule en b où on peut la puiser ou achever de la rendre plus malléable.

Le four proprement dit est en briques réfractaires ; les briques en magnésie ne conviennent qu'imparfaitement à ce genre de four, car, vu la chaleur dégagée, elles se volatilisent plus ou moins rapidement en produisant de gros flocons blancs qui gênent la respiration des opérateurs. Les briques en silice presque pure sont plus durables. Le creuset est placé directement sur le charbon vertical C, réuni électriquement au point neutre de la distribution triphasée. Les trois charbons horizontaux C' correspondant aux trois phases du circuit sont reliés à des câbles en communication électrique avec ce dernier. Le courant a un voltage de 50 v. Entre chacune des trois électrodes C', on place des petits grains de charbon de cornue ; il y a bien trois arcs continuels entre le creuset et les électrodes C', mais si un arc devient trop long ou trop court, les grains de charbon servent de régulateur-compensateur en agissant comme résistance entre les trois arcs.

Cet appareil est donc un four à trois phases équilibrées ; les aiguilles des trois ampèremètres montent et descendent du reste en même temps. Il a surtout été utilisé jusqu'ici comme appareil de fusion, notamment pour la fusion du cristal de roche pur, des matières quartzeuses, minérales ou métalliques, avec lesquelles il a donné de très bons résultats.

III. — **Fours à arcs et résistance.** — Beaucoup de ces appareils ont pour type les fours industriels à aluminium et à carbure de calcium ; ils n'en diffèrent que par les dimensions. On les emploie peu dans les laboratoires scientifiques, mais ils rendent par contre de grands services dans les laboratoires annexes des usines métallurgiques et électrométallurgiques (métaux réfractaires, alliages, etc.). Il en existe deux modèles principaux. Dans le premier, représentant les fours à deux électrodes, ces dernières forment directement l'arc qui jaillit entre leurs extrémités libres, de sorte que le bain à fondre est chauffé directement par la flamme de l'arc. Après l'amorçage, le bain forme résistance, de sorte que le circuit comprend le métal liquide et les deux électrodes. Dans le second, représentant les fours à une seule électrode verticale mobile, le courant arrive, d'une part, par cette électrode et, d'autre part, par la sole du creuset (sole-électrode). Le four fonctionne comme précédemment, d'abord par arc au moment de

Digitized by Google

l'amorçage, puis par résistance pendant le cours de l'opération.

Parmi les nombreux appareils imaginés dans ces dernières années, il convient de citer le four Frilley (fig. 9). Il comprend une cuve en aluminium A de 30 cm de hauteur et 45 cm de diamètre, munie de deux pivots e supportés par

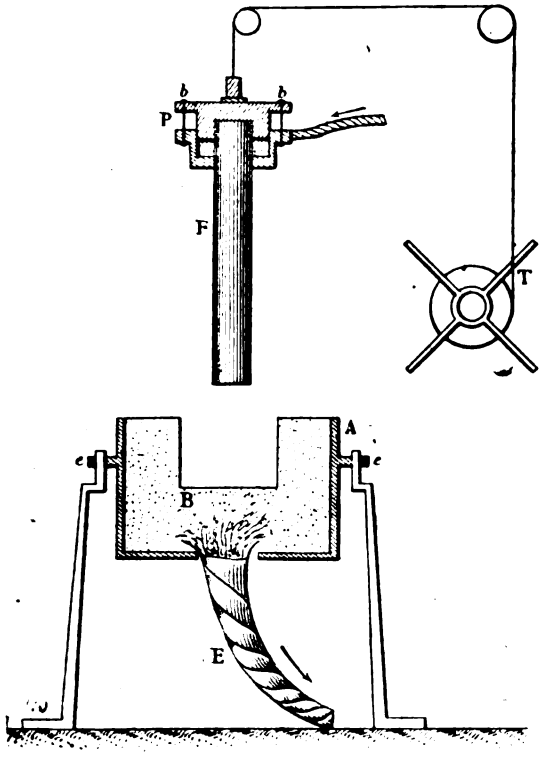


Fig. 9. — Four Frilley pour essais métallurgiques.

un bâti métallique et autour duquel elle peut manœuvrer au moyen d'un levier. Cette cuve est remplie de pâte de carbone B dans laquelle on a aménagé une cavité cylindrique de 20 cm de diamètre environ formant le laboratoire du four. Un des câbles d'amenée du courant E pénètre par la partie inférieure de la cuve et se trouve englobée dans la pâte de charbon. L'électrode supérieure F est cylindrique, a 80 mm de diamètre et est supportée par une chaîne commandée par un petit treuil T.

La seule précaution à prendre pour la construction de ce four concerne le mode d'attache de l'électrode F et du câble d'amenée du courant à cette dernière. Le contact se fait à l'aide de poudre de graphite tassée fortement entre les deux parties de la pince serre-joint P ; la pression est donnée par une couronne de boulons b.

Ce four, très simple et très rustique, est d'un usage extrêmement commode ; employé comme appareil d'essais, il constitue un four de laboratoire des plus faciles à manier et d'un rendement thermique élevé. Pour effectuer des fusions à l'abri de l'air, il est possible de le faire travailler comme four à résistance, c'est-à-dire sans arc. Pour cela on utilise des creusets de graphite qu'on introduit, avec la matière à fondre et munis de leur couvercle luté, dans la cuve de l'appareil. Le creuset est maintenu par du graphite en poudre que l'on comprime autour, puis on recouvre le tout de charbon de bois ou de coke sur lequel on amorce le courant. En opérant avec quelques précautions, de manière à échauffer progressivement le creuset pour éviter sa rupture, on peut fondre en quelques minutes une quantité considérable de métal.

L'emploi du verre permet d'effectuer les fusions dans la cuve elle-même et supprime le creuset dans le cas des métaux et alliages non ferreux : cuivre, laitons, bronzes, etc. On commence par charger la cuve avec quelques morceaux de verre. Les électrodes sont mises presque en contact, de sorte que le verre commence à fondre par la chaleur de l'arc. Comme, à l'état liquide, le verre est suffisamment conducteur, il permet le passage du courant à travers sa masse. Il n'y a plus alors qu'à introduire dans le four les métaux ou mélanges à fondre. Le verre monte à la surface, protégeant ainsi le ou les métaux mélangés du contact oxydant de l'air extérieur. Les pertes sont insignifiantes et la même quantité de verre peut servir pour un grand nombre d'opérations semblables.

L'emploi des fours de moyenne puissance semble avoir de plus en plus d'intérêt dans les laboratoires industriels et même être une nécessité. Aussi plusieurs Facultés et Instituts techniques ont-ils fait installer des fours en vue du contrôle de la portée industrielle et pratique des brevets avant leur application. L'Institut électrotechnique de Grenoble possède ainsi un four de 200 ch, uniquement destiné aux essais industriels. Il rappelle le four Héroult : c'est donc un four à une électrode verticale mobile et à une électrode-sole. Cette forme simple se prête à des recherches et travaux très variés et est de manipulation facile.

Le développement de l'électrochimie à haute température semble du reste lié, en France, à la création de multiples stations d'essais. Il en existe déjà de nombreuses à l'étranger, notamment en Amérique et en Allemagne.

Des laboratoires disposant d'un nombre suffisant de chevaux convertissables en énergie électrothermique produite ou achetée à bon compte, seraient précieux pour les savants et les techniciens désireux d'essayer leurs procédés avant leur réalisation pratique, sous le sceau de la discrétion d'un personnel impartial. Il y a là, conformément aux desiderata et aux progrès de l'industrie, tout un programme d'organisation technique à réaliser.

Lorsqu'on désire effectuer des essais pour lesquels la présence du carbone peut être un inconvénient comme carburant, il est facile de réaliser des pisés à la fois conducteurs et réfractaires et ne contenant pas plus de 10 à 20 pour 100 de carbone. Ces pisés forment sole et sont reliés électriquement à l'un des pôles du circuit extérieur. On emploie ainsi des mélanges variés et notamment les suivants :

a) Limaille de fonte.....	10 pour 100
Goudron.....	10
Dolomie calcinée.....	30

Digitized by Google

b) Graphite	30 pour 100
Goudron	10
Dolomie	60

On fait souvent diminuer le pourcentage de carbone au fur et à mesure qu'on se rapproche du fond de la cuve destinée à contenir les matières à traiter. A la mise en marche, le four étant froid, on met l'électrode verticale en contact avec la sole. Le courant passe d'abord d'une façon à peine perceptible, puis la masse s'échauffant, le four fonctionne rapidement. Après essai, et le four se refroidissant à nouveau, on constate que les pisés restent bons conducteurs ou tout au moins ont leur conductibilité très améliorée par un premier chauffage.

Le four Pourcel, qui est utilisé aux laboratoires d'essai des usines d'Imphy, est basé sur ces considérations. Il est formé (fig. 10) d'une carcasse métallique A dont

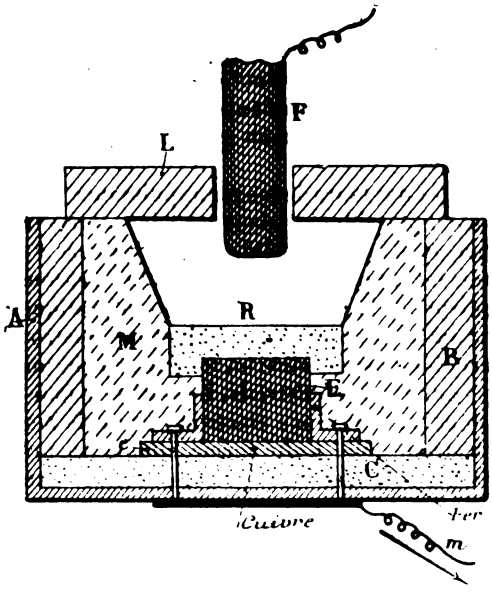


Fig. 10. — Four à arc et résistance pour essais métallurgiques.

l'intérieur est revêtu, sur le pourtour, d'une chemise en briques alumineuses B destinées à empêcher les déperditions de chaleur par conductibilité. Sur le fond et dans le même but, on dispose une couche de sable blanc siliceux C offrant une très faible conductibilité. A l'intérieur de ces enveloppes calorifuges se trouve le revêtement réfractaire proprement dit M. L'électrode E est formée d'un bloc de carbone graphitique reposant sur une plaque épaisse de cuivre e et assujetti dans une position fixe à l'aide de boulons traversant la partie inférieure du four et permettant l'arrivée du courant à l'aide du câble m. Le pisé R, qui forme la sole proprement dite du four, est très peu carburé et d'une épaisseur juste suffisante pour assurer le fonctionnement de l'appareil. L'électrode F est en charbon et traverse le couvercle L. La capacité de la cuve est telle qu'elle peut contenir de 20 à 25 kg de métal ou d'alliage. On peut fondre à l'heure environ 12 à 13 kg d'acier doux à 0,1 pour 100 de carbone avec une dépense correspondante de 18 kw-h, l'intensité étant de 350 à 400 A.

IV. — Fours à résistance. — Ces appareils n'utilisent pas directement la flamme de l'arc, mais mettent à profit la chaleur dégagée par le passage du courant à travers des substances appropriées. On peut les classer en trois catégories distinctes :

a) Ceux dans lesquels la résistance est constituée par la matière à traiter ou à fondre et que pénètrent directement les électrodes ;

b) Ceux dans lesquels la résistance est constituée par le creuset de fusion ;

c) Ceux qui utilisent une résistance intermédiaire placée entre les électrodes et le creuset de fusion.

Aux appareils du premier genre appartiennent les fours servant à la préparation de nombreux alliages par union directe des éléments (cupro-aluminium, bronzes et laitons divers, etc.). Deux charbons horizontaux arrivent directement dans le mélange à traiter et, dès que le courant passe, fondent les parties les plus voisines de leurs extrémités. La chaleur se propageant de proche en proche, toute la masse fond et il est facile de recueillir l'alliage, soit liquide par un trou de coulée, soit solide après refroidissement du four.

Pour faciliter l'amorçage, on réunit parfois les électrodes par une mince baguette en charbon ou en l'un des métaux formant l'alliage ; cette baguette est d'abord portée au rouge par le passage du courant, puis brûle ou fond après avoir transmis la chaleur à la masse à traiter. Ce procédé est rapide et très pratique.

Dans le four Steinmetz (fig. 11), on utilise des substances dites « pyroconductrices », c'est-à-dire qui

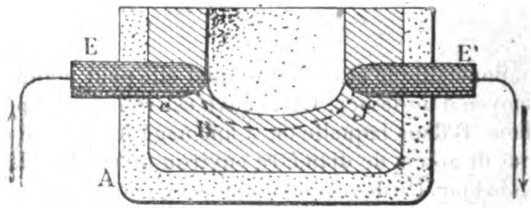


Fig. 11. — Four à substances pyroconductrices.

conduisent partiellement le courant sous l'influence d'une température suffisante. Il se compose d'une enceinte réfractaire et calorifuge A maintenant un bloc B constitué précisément par un mélange pyroconducteur, composé d'un mélange de manganèse, charbon, carborundum, etc., en proportions déterminées. La caractéristique de l'appareil est un filament métallique et reliant les électrodes E, E' et renfermé dans la masse B. Dès que le courant passe dans ce filament, il l'échauffe, le porte au rouge et, en échauffant pareillement la matière qui l'entoure, rend peu à peu cette dernière conductrice. En un temps très court, tout le creuset se trouve porté ainsi à une haute température. C'est à ce moment qu'on introduit dans ce dernier les matières à

Digitized by Google

fondre. L'échelle des températures pouvant être ainsi très étendue, ce four se prête à de nombreux travaux; il convient particulièrement aux expériences de synthèse minérale et aux essais de fusion.

Parmi les fours utilisant le creuset comme résistance, il faut signaler le four Tammann (fig. 12) dont le fonc-

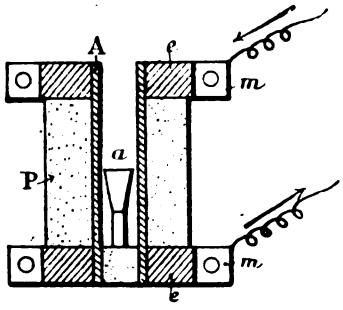


Fig. 12. — Four Tammann.

tionnement est des plus simples. Il comprend un tube de graphite A dont les extrémités supérieure et inférieure sont entourées de plaques évidées e également en graphite; ces dernières sont armées de bandes de fer m reliées électriquement au circuit extérieur. Le cylindre est en outre protégé par un bloc en terre réfractaire P. On peut introduire directement en A les produits à traiter, mais on se contente généralement de placer dans le cylindre un petit creuset a en métal réfractaire ou en charbon. Le chauffage est ainsi réalisé par le passage du courant à travers la masse du cylindre portée au rouge blanc. La température se règle du reste aisément à l'aide d'un rhéostat.

Dans les fours à résistance intermédiaire, on emploie de la grenaille métallique (chrome, tungstène, molybdène) ou des mélanges de charbon et d'autres substances. Les électrodes plongent dans ces substances qui entourent le creuset de réaction. Celui-ci n'est donc pas sous l'influence des vapeurs de carbone et les opérations peuvent en bénéficier dans certains cas. On a appliqué ce principe à des fours à creusets comme aussi à des fours à mélanges gazeux; dans ce dernier cas, le laboratoire est constitué par un espace périphérique compris entre des matières portées au rouge et traversé par les gaz à traiter. Dans le four tubulaire Dony-Hénault (fig. 13), on emploie comme résistance intermédiaire de la grenaille de chrome A. Dans l'axe d'un tube ou d'une cavité cylindrique ménagée dans un bloc réfractaire et isolant V on place un tube

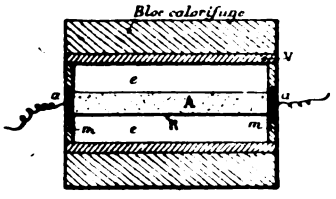


Fig. 13. — Four à résistance centrale.

de quartz R assez étroit et rempli de grenaille; à ses deux extrémités sont fixés deux charbons a servant d'électrodes. Les pertes calorifiques sont très faibles, la chaleur étant émise par l'axe du four et se transmettant ainsi presque intégralement à l'espace périphérique e. Le tube chauffant est soutenu par deux bouchons ou anneaux réfractaires m au centre desquels se trouvent les charbons-électrodes.

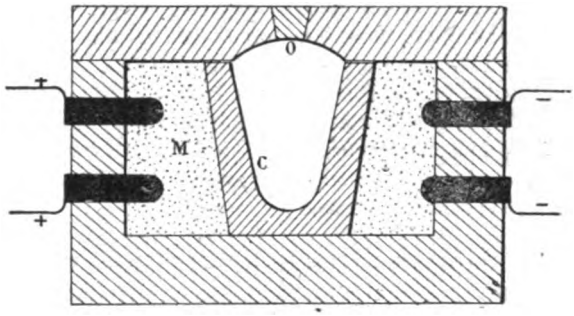


Fig. 14. — Four à creuset et à résistance chauffante.

Dans le four Bronn (fig. 14), les électrodes, au nombre de quatre (deux par pôle), pénètrent dans la masse annulaire M qui est en contact direct avec le creuset C. On peut ainsi mettre et retirer celui-ci de l'appareil sans interrompre le courant et comme on le ferait dans un four chauffé à la houille. La matière à fondre est introduite dans le creuset à l'aide d'une ouverture o pratiquée dans le couvercle qui ferme à la fois le four et le creuset.

Signalons enfin le four Girod (fig. 15), qui comprend une plaque de charbon annulaire R formée en réalité de deux portions semi-circulaires, reliées chacune à un des pôles de la machine génératrice. Une résistance auxiliaire r entoure la plaque, et l'ensemble est isolé à l'aide d'une matière appropriée i. On évite les déperditions calorifiques au moyen de revêtements réfractaires m et n. Le creuset de fusion C repose directement sur le charbon R dont la partie chauffante est amincie en vue de concentrer au-dessous du creuset le maximum de chaleur. On peut ainsi faire varier la température entre 300° et 2 000°, la partie inférieure du creuset étant seule chauffée directement.

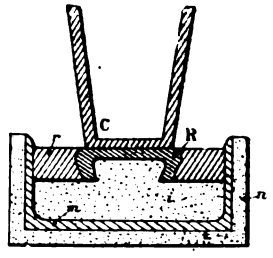


Fig. 15. —Creuset de fusion, système Girod.

Jean Escard,
Ingénieur civil, Lauréat de l'Académie des Sciences.

Digitized by Google

La troisième Foire de Lyon [*Suite et fin*] (1)

L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

L'exposition de l'enseignement technique à la Foire de Lyon mériterait une description détaillée en raison de l'importance et du nombre des écoles qui y participaient. Une étude complète nous eût permis de montrer l'extension prise depuis l'année dernière par nos diverses Ecoles supérieures, des Arts et Métiers, professionnelles, commerciales et industrielles, mais faute de place, nous nous bornerons à mentionner les Ecoles suivantes plus spécialement consacrées à l'enseignement de l'électrotechnique.

Ecole Centrale Lyonnaise. — L'Ecole Centrale Lyonnaise a été fondée, en 1857, par un certain nombre de notabilités industrielles et commerciales ; en 1888, la Chambre de Commerce de Lyon a placé l'Ecole sous son haut patronage.

L'enseignement donné à l'Ecole a pour but de former des techniciens capables de remplir, dans la suite, les fonctions d'Ingénieurs civils et de Directeurs d'usines. Cet enseignement théorique et pratique comprend des cours oraux, des travaux d'ateliers, des travaux pratiques d'électricité et d'analyse chimique, des visites d'usines, des exercices de levé de plans et de nivellement exécutés sur le terrain.

Lyon, par son industrie propre, par les ressources scientifiques que lui offrent ses savants, ses ingénieurs et les chefs de ses nombreuses usines, par sa proximité de la région des Alpes, d'où lui est transmise l'énergie électrique, remplit toutes les conditions favorables à l'établissement et au développement d'une Ecole technique supérieure.

L'Ecole ne reçoit que des élèves âgés de seize ans révolus, ayant satisfait aux conditions d'admission. Le régime de l'Ecole est l'externat.

La durée normale des études, sans spécialisation, est de trois années, à la suite desquelles les élèves dont la moyenne est suffisante reçoivent un diplôme.

Une quatrième année facultative permet aux élèves qui le désirent de compléter leurs études pratiques en se spécialisant, soit dans l'électrotechnique et la mécanique appliquée, soit dans les constructions civiles et les travaux publics.

Des diplômes spéciaux sont conférés aux élèves ayant satisfait aux examens.

Par suite d'une convention passée entre la Chambre de Commerce et le Conseil d'administration de l'Ecole, les élèves qui se spécialisent dans l'électrotechnique ou l'étude des constructions civiles et travaux publics peuvent suivre en même temps les cours coloniaux créés par la Chambre de Commerce et, à leur sortie de l'Ecole, se créer rapidement des situations soit en Extrême-Orient, soit en pays de langue arabe.

La Chambre de Commerce de Lyon, le Conseil général du Rhône, le Conseil municipal de Lyon, comprenant l'utilité d'un tel enseignement, contribuent au développement de l'Ecole, tant par des subventions annuelles que par des bourses d'études.

Les locaux étant devenus insuffisants, la reconstruction de l'Ecole a été décidée et les terrains viennent d'être acquis pour les constructions futures qui pourront recevoir 500 élèves. Le nombre des élèves était de 220 en 1913.

L'Ecole Centrale Lyonnaise est une pépinière d'ingénieurs qui acquièrent, notamment dans l'industrie électrique, une situation prépondérante méritée.

Ecole spéciale des Travaux publics, du Bâtiment et de l'Industrie. — L'Ecole spéciale des Travaux publics, du Bâtiment et de l'Industrie, qui exposait à la Foire de Lyon les cours professés à l'Ecole et un certain nombre de photographies indiquant les travaux pratiques exécutés par les élèves, a été fondée en 1891 ; elle a rapidement pris une extension considérable.

Son siège administratif, ses salles de cours sont situés à Paris et elle possède de plus à Arcueil-Cachan, à quelques minutes de Paris, une Ecole d'application couvrant près de 6 hectares, avec ateliers, laboratoires, galeries de collections, bibliothèques, salles d'études et salles de projets. Un vaste champ d'expériences permet d'exercer les élèves aux opérations topographiques et de leur faire exécuter, par eux-mêmes, les installations de toutes sortes ayant trait aux travaux publics, aux travaux privés, aux industries mécaniques et électriques (chemins de fer, ponts, bâtiments, exploitation de carrières, lignes à traction électrique, télégraphie sans fil, etc., etc.).

Cette double organisation, qui permet aux professeurs occupés dans l'industrie de faire leurs cours à Paris, les chefs de travaux graphiques et projets, ingénieurs et chefs de laboratoires étant seuls obligés d'assister aux expériences, réalise, pour la première fois en France, le problème de l'Ecole d'application d'ingénieurs installée en pleine campagne.

Le caractéristique de l'enseignement de l'Ecole est la spécialisation, sans cependant que cette spécialisation soit faite aux dépens de l'instruction générale technique. Il existe, en réalité, autant d'écoles distinctes que de spécialités : Ecole supérieure des Travaux publics (diplôme d'ingénieur des Travaux publics) ; Ecole supérieure du Bâtiment (diplôme d'ingénieur-architecte) ; Ecole supérieure de Mécanique et d'Electricité (diplôme d'ingénieur-électricien).

(1) *R. G. E.*, numéros des 16, 23, 30 mars et 6 avril 1918, p. 410, 445, 489, et 519.

Digitized by Google

Les résultats obtenus par l'Ecole sont des plus brillants. Pour les situations industrielles, le placement des élèves s'effectue par l'intermédiaire de l'Association des Anciens Elèves dont le nombre des membres n'a cessé de s'accroître, même pendant la guerre, et qui compte actuellement 7 500 sociétaires. Quant aux situations administratives, l'Ecole a procuré à ses élèves un grand nombre d'emplois techniques dans les grandes administrations. C'est ainsi qu'en 1913 elle a obtenu 984 résultats dans les différents concours ouverts par les grandes administrations techniques.

Ecole Bréguet. — L'Ecole Bréguet, actuellement dans sa quatorzième année d'existence, a pour but de préparer les jeunes gens à la pratique des industries électriques et mécaniques.

La sanction des études est un diplôme d'ingénieur-électricien qui ne peut être obtenu qu'après deux années d'études normales pour les jeunes gens entrant à l'Ecole avec le bagage scientifique d'un bachelier de mathématiques élémentaires. Quant à ceux dont la préparation antérieure n'atteint pas ce niveau, un cours préparatoire leur permet d'acquérir les connaissances nécessaires à l'entrée en cours normal première année, mais ils ne sont astreints à suivre ce cours préparatoire que pendant un, deux ou trois années, suivant le degré de leur culture générale.

Le diplôme est délivré aux élèves qui ont obtenu, à la fin de la deuxième année normale, une moyenne raisonnable pour l'ensemble de leurs travaux dans les cours normaux et pour l'examen de fin d'études.

Les anciens élèves de l'Ecole Bréguet ont constitué une Association amicale qui, grâce à ses relations avec les industriels, aide puissamment au placement des élèves diplômés.

SALON DE L'AUTOMOBILE

Société des moteurs Salmson. — Parmi les nombreux exposants du Salon de l'Automobile à la Foire de Lyon, mentionnons particulièrement la Société des moteurs Salmson pour les différents types de magnétos qu'elle expose.

Le grand établissement de Billancourt, après avoir étudié la question des appareils d'allumage, avec les moyens perfectionnés qu'il possède, a produit des magnétos pour l'aviation et l'automobile, dont le fini comme la conception témoignent d'une étude très approfondie de la matière.

Les magnétos pour l'aviation sont du type 8 et 9 cylindres pour moteurs fixes et moteurs rotatifs à distributeurs séparés.

Le type G. G., qui est utilisé pour le moteur fixe d'aviation Salmson (système Canton-Unné) à 9 cylindres, est à volet et donne 4 étincelles par tour. Les enroulements sont fixes, ce qui permet d'établir une isolation parfaite de la bobine et de supprimer le collecteur rotatif. En outre, la vitesse de rotation est inférieure de 50 pour 100 à celle des magnétos à induit tournant.

Une heureuse disposition de la boîte du rupteur permet la fixation de la came directement sur le volet, c'est-à-dire sur l'arbre d'entraînement. Les volets, en fer extra-doux, sont fixés sur l'arbre de commande en acier magnétique par des vis et un procédé de soudure spécial et sur la flasque arrière, en bronze, par des vis, afin d'en permettre le démontage.

Les magnétos pour l'automobile du type H.4 et H.6 offrent le maximum d'utilisation, pour le minimum d'encombrement. Elles sont parfaitement étanches, étant blindées. Tous les organes sont logés à l'intérieur du bâti, qui est fermé, et dans lequel les aimants sont encastrés, ils sont ainsi à l'abri de l'eau et des poussières.

L'induit tournant de ces magnétos fournit deux étincelles par tour, ce qui permet une utilisation excellente du flux, le condensateur est placé dans une des deux flasques d'induit et la boîte de rupteur, fixée en bout d'arbre, se trouve de ce fait très accessible. Elle porte les bossages qui forment cames et peut tourner sur son support rendant possible l'allumage avec avance variable. Le dispositif de rupture est très robuste et facilement réglable.

L'étincelle de ces magnétos, d'un haut rendement électrique, est très chaude et très longue, ce qui leur permet d'assurer l'inflammation rapide des mélanges gazeux les plus pauvres, même aux plus faibles vitesses. C'est ainsi qu'à une vitesse de 120 t : min, elles assurent l'allumage d'une bougie ayant ses électrodes écartées de 4/10 de millimètre, celle-ci étant placée dans un milieu où règne une pression de 10 kg : cm².

La Société des moteurs Salmson exposait également un fer à souder électro-magnétique qui se compose d'une carcasse en tôle feuilletée à circuit presque fermé placée à l'intérieur d'une bobine à enroulement dit primaire; dans l'entrefer de cette carcasse, où le courant électrique crée un champ magnétique, vient se placer la pièce chauffante, ou le fer à souder proprement dit. Celle-ci essentiellement en métal, bon conducteur de la chaleur et de l'électricité, est constituée, sur un bout, par une spire fermée sur elle-même et pouvant affecter, sur l'autre, n'importe quelle forme appropriée à l'usage auquel elle est destinée.

Pour faciliter le passage des lignes de forces au travers de la spire, de même que pour la protéger, un noyau et des joues en fer doux isolés électriquement de la spire, sont rapportés à l'intérieur et sur chacun des côtés. Cette spire est le siège d'un courant d'une intensité à peu près proportionnelle à l'intensité de celui parcourant la bobine primaire multipliée par son nombre de spires. En conséquence, échauffement de la spire par effet Joule et des joues par courant Foucault, température qui se répartit dans toute la masse de la pièce chauffante.

Ce fer à souder a un emploi fréquent dans la petite mécanique et les industries chimiques.

J. N.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Régulateurs de tension pour feeders à courant alternatif (1).

La production et la distribution économiques de l'énergie électrique nécessitent l'emploi de génératrices puissantes, l'établissement de stations génératrices de grande capacité, la transmission de l'énergie à haute tension jusqu'aux postes de transformation et la distribution aux consommateurs à une tension relativement basse. Ce procédé produit généralement une mauvaise régulation de la tension résultant de la variation de la charge dans les différents feeders.

Nécessité de la régulation des feeders et types de régulateurs. — Plusieurs feeders partant de la même génératrice peuvent alimenter, les uns un district industriel, les autres l'éclairage privé ou public ; les pointes ont alors lieu, dans les différents feeders, à des moments différents et la régulation individuelle des feeders est indispensable si l'on veut obtenir une bonne régulation de l'ensemble.

Il existe une série de régulateurs pour feeders, répondant aux différentes conditions et qui peuvent être classés en régulateurs d'induction et en régulateurs à action graduelle automatiques ou à main.

Les régulateurs de feeders sont généralement constitués par des transformateurs à rapport variable possédant deux enroulements distincts, le primaire et le secondaire, reliés en série au feeder. La figure 1 représente le schéma de prin-

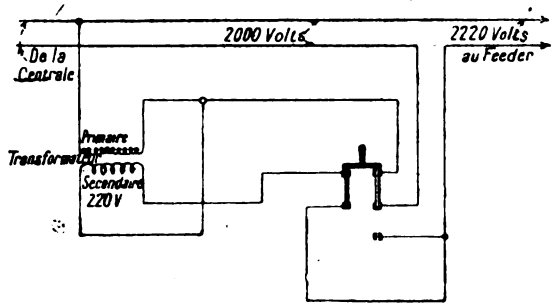


Fig. 1. — Schéma d'un régulateur de feeder.

cipe de ce type de régulateurs. Quand les couteaux sont dans la position représentée sur la figure, la tension du secondaire s'ajoute à celle du primaire et la tension résultante du feeder est de 2 220 v.

Quand les couteaux sont dans la position inverse, le régulateur est hors circuit et la commutation directe est établie.

Avec un régulateur capable d'une variation de 20 pour 100, dans la position de surtension maximum 9 pour 100 du courant retourne à la ligne ; cette quantité doit être déduite de l'intensité dans le feeder, mais, par contre, sa tension est élevée de 10 pour 100. Au contraire dans la position de diminution de tension maximum le courant est renversé dans l'enroulement en dérivation, produisant un accroissement de courant du feeder de 11 pour 100, mais en abaissant la tension de 10 pour 100.

(1) Norman G. Meade, *Electrical Review*, Chicago, 21 juillet 1917, t. LXXI, p. 94-99, 4 000 mots, 18 fig.

En pratique le secondaire est dérivé en plusieurs points (fig. 2) et les dérivations sont reliées aux plots d'un commutateur. L'inverseur dans une position établit les connexions correspondant à la surtension et dans la position inverse les connexions correspondront à une diminution

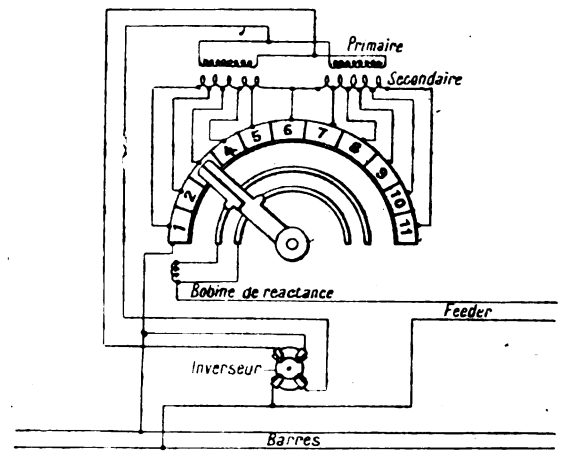


Fig. 2. — Commutateur et inverseur pour régulateur de feeder.

de tension sur le feeder. Le levier de l'interrupteur est composé de deux pièces isolées l'une de l'autre et reliées à une bobine de réactance dont le but est de prévenir les courts-circuits quand la manette passe d'une touche sur l'autre.

Régulateurs d'induction. — Les régulateurs d'induction sont mono, tri, ou hexaphasés. Bien qu'utilisés principalement pour le réglage des circuits d'éclairage, ils s'adaptent également bien aux circuits de force motrice, mono ou polyphasés.

Deux enroulements sont disposés sur des noyaux circulaires concentriques en tôles de fer doux dont l'un est fixe et l'autre peut subir une légère rotation à l'intérieur du premier. L'enroulement série ou secondaire est disposé dans des rainures à l'intérieur du noyau fixe et l'enroulement shunt ou primaire dans des rainures similaires à la surface extérieure du noyau mobile ; la variation de tension dans le feeder est entièrement produite par la variation des positions relatives des deux noyaux. En effet, étant donné un pôle du primaire, la tension sera augmentée si le pôle du secondaire situé en face est un pôle de même nom et abaissée si c'est un pôle de nom contraire ; la variation entre les deux positions extrêmes est d'ailleurs progressive. La méthode est différente suivant qu'il s'agit d'un régulateur monophasé ou polyphasé. Nous décrirons chaque type séparément.

Régulateur d'induction monophasé (fig. 3). — Dans ce cas il n'y a qu'un enroulement d'excitation ; le flux magnétique est donc alternatif et sa direction est toujours parallèle au diamètre du noyau mobile qui passe par le centre des bobines d'excitation ; cette direction est d'ailleurs variable par rapport aux enroulements série. La tension induite est

Digitized by Google

toujours en phase avec l'excitation et s'ajoute directement à la tension du feeder.

Le noyau du primaire comporte deux enroulements : l'enroulement actif ou shunt relié à la ligne ; et un second enroulement court-circuité sur lui-même et disposé à angle droit par rapport à l'enroulement shunt. Le but de cet enroulement court-circuité est de diminuer la réactance du régulateur : le primaire et l'enroulement en court-circuit étant tous les deux sur le noyau mobile et fixés à angle droit

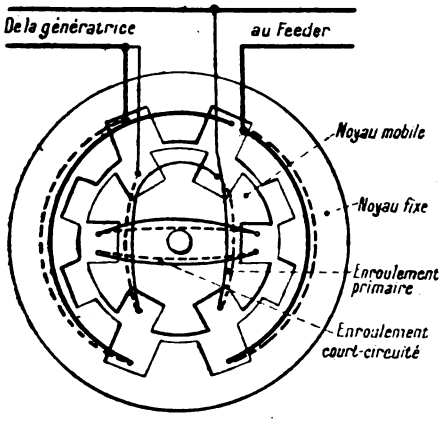


Fig. 3. — Régulateur d'induction monophasé.

l'un de l'autre, le flux engendré par le primaire passe de chaque côté de l'enroulement court-circuité qui, par suite, ne l'affecte pas, car tant qu'il ne passe pas de flux à travers la bobine court-circuitée aucun courant ne la parcourt. Cette condition n'est d'ailleurs remplie que lorsque l'armature est dans l'une des positions extrêmes.

Lorsque le noyau mobile est dans la position neutre le flux engendré par le courant dans le secondaire passe également de chaque côté des bobines primaires qui, par suite, ne peuvent pas neutraliser le flux engendré par le secondaire. Si le primaire n'était pas pourvu d'une bobine en court-circuit et subissait une rotation à partir de l'une des positions extrêmes de façon à réduire le flux primaire traversant le secondaire et si le courant de la ligne restait constant, une tension progressivement croissante serait nécessaire pour permettre au courant de traverser les enroulements série ; un accroissement correspondant du flux serait également nécessaire. Cette tension atteindrait son maximum au point neutre, car en ce point les enroulements shunt sont à angle droit des enroulements série. Le courant du secondaire aurait une action magnétisante et une partie considérable de la tension de la ligne serait absorbée par le passage du courant à travers ces bobines. La tension ainsi absorbée serait à 90° de la tension de la ligne et il en résulterait un mauvais facteur de puissance du feeder.

Régulateur d'induction polyphasé. — Dans le régulateur d'induction polyphasé, l'excitation est produite par l'action combinée d'enroulements shunt connectés aux phases du système. Les shunts sont identiques pour les différentes phases et disposés de façon à agir sur un pôle donné du régulateur dans la même direction, c'est-à-dire que chaque pôle est pourvu d'autant de bobines distinctes et séparées qu'il y a de phases, et ces bobines sont reliées à la ligne de la même façon que les enroulements d'une génératrice. Le flux magnétique produit a une valeur pratiquement constante, mais une direction variable. Le champ magnétique est tournant et non pas alternatif comme dans le régulateur monophasé.

Toutes les rainures de la périphérie de l'armature d'un régulateur polyphasé sont remplies par les bobines des diverses phases disposées symétriquement ; les bobines série sont disposées d'une façon analogue à la surface interne du noyau fixe. La tension dans le secondaire est produite par la rotation du flux produite par l'action combinée des bobines primaires. Les tensions engendrées dans les enroulements série des différentes phases ont donc la même valeur qui est constante pour toutes les positions de l'armature et les variations de la tension de la ligne produites par le régulateur sont dues au décalage de phase.

Avec le dispositif d'enroulements shunt nécessités par les régulateurs polyphasés, l'impédance du système est relativement faible et ne nécessite pas l'emploi de bobines

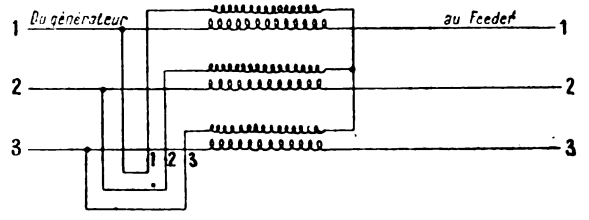


Fig. 4. — Connexions des bobines d'un régulateur d'induction triphasé.

court-circuitées comme dans les régulateurs monophasés. La figure 4 représente le schéma des connexions d'un régulateur d'induction triphasé à bobines primaires montées en étoile.

Manœuvre des régulateurs d'induction. — Les régulateurs peuvent être manœuvrés à la main, soit directement, soit par poulie et chaîne, ou par moteur ou automatiquement. Dans le cas de manœuvre par moteur commandé à la main, le moteur peut être à courant alternatif ou à courant continu, mais de préférence polyphasé. Si la commande est automatique le moteur doit être polyphasé, car les moteurs à courant continu ou monophasés ne conviennent pas. Un limiteur de tension arrête le mouvement du régulateur en ouvrant le circuit du moteur dès que le régulateur a atteint une des positions extrêmes et le referme dès qu'il la quitte.

Les régulateurs automatiques sont pourvus d'interrupteurs bipolaires commandés électriquement au moyen d'un relais dont les connexions sont représentées schématiquement dans la figure 5. Ce relais est constitué en principe par un solénoïde et un noyau en acier laminé suspendu en partie par un ressort, en partie par le courant traversant le solénoïde et commande un levier à contacts. Le levier est relié à une extrémité d'un circuit alternatif à basse tension et les contacts aux bobines de manœuvre de l'interrupteur du relais. Les autres extrémités de ces bobines sont connectées à l'autre extrémité du circuit. Lorsque la ligne est à la tension normale, le levier se trouve dans la position horizontale et aucun contact n'est fermé, mais dès que la tension varie le levier ferme les contacts, déclanchant ainsi le fonctionnement de l'une des bobines de manœuvre qui met le moteur en route dans le sens convenable jusqu'à rétablissement de la tension normale.

Protection des régulateurs contre la foudre. — Les régulateurs de tension sont exposés d'une façon toute par-

Digitized by Google

ticulière aux perturbations de la ligne. Des dispositions spéciales doivent donc être prises dans les circuits où les perturbations sont fréquentes soit dans le circuit à haute tension, soit dans les feeders. Généralement il suffit de

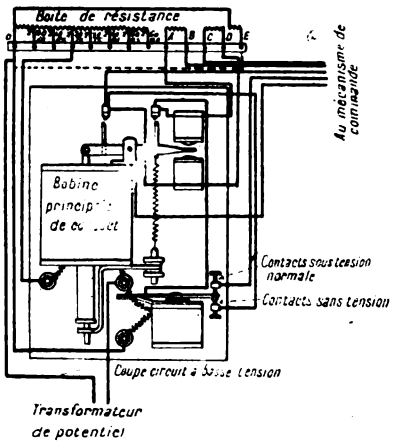


Fig. 5. — Relais de commande des interrupteurs de circuit des régulateurs.

pourvoir les barres de feeders de parafoudres en aluminium et chaque feeder de parafoudres à peigne et de bobines de réactance. A. G.

La réglementation des distributions d'énergie électrique en Allemagne.

Par un arrêté en date du 2 novembre (*E. T. Z.*, du 20 novembre 1917), l'office, pour l'exploitation de l'électricité (Elektrizitätsswirtschaftstelle), a autorisé les entreprises à augmenter le prix de l'énergie électrique; dans l'exposé des motifs, il est dit que cette mesure a été prise parce que : le prix du charbon a augmenté de 100 pour 100 et les prix des autres matières nécessaires à l'exploitation dans des proportions encore plus grandes; les salaires se sont également accrus dans des proportions considérables et les entreprises doivent venir en aide aux familles de leurs employés qui sont mobilisés.

La question de la réduction de la consommation d'énergie, dans l'Allemagne entière a été définitivement réglée par l'arrêté suivant du commissaire impérial pour la répartition du charbon, M. Stutz, en date du 2 novembre 1917 :

§ 1er. — Réglementation de la consommation. — *a*) La consommation d'énergie électrique, est réduite, aussi bien pour les abonnés des distributions publiques que pour ceux qui la produisent dans des installations particulières.

b) La consommation est limitée, pour tous les consommateurs, même pour les exploitations nécessaires à la guerre, en principe à 80 pour 100 de la consommation pendant les mêmes mois de l'année 1916. Si la consommation, pour des raisons particulières, a été extraordinaire, on peut prendre comme base une autre période. Si les relevés des compteurs sont faits à d'autres jours qu'aux fins de mois, les périodes usuelles de lectures sont prises comme bases pour la réduction.

c) On se réserve de réduire dans une mesure encore plus grande que 80 pour 100 la consommation dans certains cas.

d) Des exploitations nécessaires pour la guerre, dont la consommation, par suite d'agrandissements, est supérieure à celle des mois correspondants de 1916, seront réduites à 80 pour 100 de la consommation moyenne pendant les mois d'août, septembre et octobre 1917, leur consommation sera réglementée, après estimation.

e) Des exploitations absolument nécessaires pour la guerre, pour l'alimentation ou pour la sécurité générale, pourront, sur leur demande, être autorisées à ne pas suivre, partiellement ou totalement, les présentes prescriptions. De telles autorisations devront être signalées au commissaire impérial pour la répartition du charbon.

f) Pour les consommateurs, qui, déjà avant la mise en vigueur du présent arrêté, auraient réduit leur consommation, il en sera tenu compte dans les décisions.

g) La réglementation de la consommation de nouveaux intéressés sera faite par l'office de guerre (§ 7) pour ceux qui travailleront pour la guerre et par les autorités communales (§ 5 et 8) pour tous les autres, et dans les deux cas, d'accord avec l'homme de confiance (§ 4). Dans ces règlements il sera tenu compte des idées directrices du commissaire impérial pour la répartition du charbon. Si l'office de guerre ou les autorités communales ne sont pas d'accord avec l'homme de confiance, le commissaire impérial, pour la répartition du charbon, décidera.

h) Les petits consommateurs ne seront pas soumis aux réductions, tant que leur consommation annuelle ne dépassera pas 250 kw-h. Les autorités communales sont autorisées à fixer une limite inférieure pour les petits consommateurs, suivant les conditions locales ou sont libres au contraire de les augmenter, avec l'autorisation du commissaire impérial pour la répartition du charbon.

i) Les entreprises de distribution d'énergie électrique dont la puissance est encore suffisante et qui, en outre, ne peuvent pas réaliser une économie de charbon ou de combustible, ou bien pour lesquelles cette économie n'est pas nécessaire (certaines installations hydrauliques, certaines installations utilisant du lignite ou encore certaines installations utilisant des sous-produits, etc.) peuvent être autorisées, sur leur demande, par le commissaire impérial de la répartition du charbon, à ne pas suivre, en totalité ou en partie, les prescriptions du présent arrêté.

k) Toutes les demandes et toutes les réclamations, même dans les cas où la décision doit être prise par le commissaire impérial de la répartition du charbon, doivent être adressées à l'homme de confiance, qui se met en rapport avec l'office de guerre, respectivement avec les autorités communales.

§ 2. Nouvelle installation et agrandissements. — *a*) De nouvelles installations, ainsi que des agrandissements, ne doivent être exécutés qu'après autorisation. Celles-ci ne doivent être accordées que dans des cas urgents quand la dépense supplémentaire de charbon ou de combustible liquide aura été sûrement fixée, et quand la puissance de l'entreprise de distribution le permettra.

b) L'autorisation sera accordée :

1° Pour des installations de moins de 16 kw ou pour l'agrandissement d'installations d'une puissance moindre, par l'homme de confiance.

2° Pour des installations plus importantes, par l'office de guerre, d'accord avec l'homme de confiance. Si ceux-ci ne peuvent arriver à se mettre d'accord, le commissaire impérial pour la répartition du charbon décidera.

§ 3. Répartition de la charge. — Les offices, chargés de la surveillance de la réduction de la consommation d'énergie

Digitized by Google

électrique, sont autorisés à prendre des mesures propres à assurer une meilleure répartition de la charge aux diverses heures.

§ 4. — Hommes de confiance. — *a*) Chaque office de guerre nomme des hommes de confiance pour les entreprises privées de distribution d'énergie électrique, qui sont dans son ressort. Cet office assigne à chaque homme de confiance un district déterminé. Dans celui-ci, l'homme de confiance est non seulement chargé de la surveillance des usines publiques d'électricité et de leurs abonnés, mais encore de celle des installations particulières en tant que des hommes de confiance, ne soient spécialement nommés pour cela. Si le district desservi par une entreprise de distribution d'énergie électrique ressort de plusieurs offices de guerre, le commissaire impérial pour la distribution du charbon, nomme l'homme de confiance et au besoin ses représentants, si les offices de guerre ne parviennent pas à s'entendre.

b) Pour les entreprises de distribution d'énergie électrique et les installations de l'empire, des États confédérés, des unions de communes ou des localités, les autorités de l'empire, des États confédérés, des communes dont dépend l'entreprise, désignent un office ou un employé, qui remplit les fonctions d'homme de confiance. L'office ou l'employé doit être nommé par le commissaire impérial pour la répartition du charbon et l'office de guerre.

c) Pour les entreprises de distribution d'énergie électrique qui sont possédées en partie par des autorités de l'État ou des communes et en partie par des particuliers, le mode de nomination de l'homme de confiance dépend du fait que le président du conseil de surveillance est un représentant de l'autorité ou du capital privé.

d) Réglementairement, les directeurs techniques des entreprises de distribution d'énergie électrique doivent être nommés hommes de confiance. En tant que les hommes de confiance et leurs représentants ne sont pas des employés de l'empire, des États ou des communes, ils doivent être chargés par l'office qui les a nommés des attributions fixées par le conseil fédéral dans sa séance du 3 mai 1917. Le commissaire impérial pour la répartition du charbon doit être avisé aussitôt de la nomination.

e) Les hommes de confiance et les offices désignés au paragraphe 6 ont les devoirs suivants :

1° De seconder les offices de guerre et les autorités communales, dans l'application des mesures nécessaires pour l'exécution du présent arrêté ;

2° D'exercer les droits et les devoirs qui leur sont assignés par le présent arrêté ou par les prescriptions locales (§ 5).

f) Les hommes de confiance doivent exercer leurs fonctions avec honneur (*sic*).

§ 5. Prescriptions locales. — Les autorités locales, dans les localités de plus de 10 000 habitants, les présidents des localités et en général les présidents des unions communales doivent établir, aussi rapidement que possible et d'accord avec les hommes de confiance, les prescriptions relatives aux restrictions de la consommation d'énergie électrique, en particulier pour les petits consommateurs conformément à l'article 4 du paragraphe 1 du présent arrêté.

§ 6. Mesures a prendre dans les cas urgents. — Dans les cas où, par suite de manque de combustible, ou toute autre cause, il serait urgent de prendre rapidement des mesures pour réduire la consommation d'énergie électrique, l'homme de confiance doit les ordonner. Il doit en donner avis aux consommateurs et en aviser les autorités communales et l'office de guerre intéressés.

§ 7. Offices de guerre. — Partout où il existe des sous-offices de guerre, ceux-ci remplacent les offices de guerre. S'il n'y a pas d'office de guerre, celui-ci est remplacé par le ministère de la Guerre.

§ 8 Autorités centrales des pays. — *a*) Les autorités centrales désignent ce qui, dans le sens de la présente proclamation, doit être considéré comme union des communes, commune, direction de l'union des communes et comme direction communale.

b) Les autorités centrales, d'accord avec le commissaire impérial pour la répartition du charbon, peuvent charger d'autres offices que ceux désignés ci-dessus, de la surveillance de l'application du présent arrêté, elles peuvent s'en charger elles-mêmes.

c) Les autorités centrales ou les offices qu'elles désignent peuvent appliquer à des communes isolées ou des groupes de communes isolées de moins de 10 000 habitants les prescriptions du présent arrêté relatives à des localités de plus de 10 000 habitants.

§ 9. Supplément de prix pour l'excédent de consommation. — Des consommateurs qui reçoivent l'énergie électrique, contre paiement, doivent acquitter un supplément de 50 pfennigs (62,5 centimes) par kilowatt-heure d'énergie consommée en plus de la quantité qui leur est assignée.

§ 10. Pénalités. — *a*) Ceux qui, malgré un avis spécial, consommeront plus d'énergie électrique que celle fixée par le présent arrêté ou par les prescriptions locales, ou bien celles édictées par l'homme de confiance selon le paragraphe 6 ou bien ceux qui n'ont pas suivi les prescriptions du paragraphe 2, peuvent être condamnés à un emprisonnement atteignant une année et à une amende pouvant aller jusqu'à 10 000 marks (12 500 fr) ou à l'une ou l'autre de ces deux peines.

b) Les poursuites ne peuvent être engagées qu'après décision. Sont autorisés à prendre ces décisions :

1° Le commissaire impérial pour la répartition du charbon ou par les personnes qu'il en charge par écrit ;

2° Dans le cas de poursuites pour infraction aux prescriptions prises par une autorité, conformément aux présent arrêté, cette autorité peut les décider et quand il s'agit d'infractions au paragraphe 2, l'office de guerre peut poursuivre.

Si la demande de poursuites est relative à un fonctionnaire de l'empire, de l'État ou d'une commune, pour infractions dans son service, le commissaire impérial pour la répartition du charbon peut seul en décider.

§ 11. Prescriptions finales et transitoires. — *a*) Le présent arrêté entre en vigueur le jour de sa proclamation.

b) Dans des exploitations nécessaires à la guerre, l'office de guerre peut permettre que la consommation ne soit pas réduite, avant que des décisions finales n'aient été prises, mais cela au plus jusqu'au 30 novembre 1917.

c) Les autorités communales doivent publier ce règlement ainsi que les prescriptions locales, et communiquer immédiatement ces dernières au commissaire pour la répartition du charbon.

Berlin, le 2 novembre 1917.

Le commissaire impérial pour la répartition du charbon.

Signé : Stutz.

Digitized by Google

Batteries à haute tension et faible intensité (1).

L'auteur propose de remplacer les petits accumulateurs qui servent à constituer les batteries à haute tension par des piles sèches dont l'emploi, dans les travaux de laboratoire qui n'exigent pas plus de 0,01 A, lui a toujours donné entière satisfaction. Il a principalement utilisé les petites batteries de 3 piles fabriquées par la British Ever-Ready Co.

La batterie représentée en figure 1 peut fournir toutes les tensions depuis 0 jusqu'à 200 v. Les piles sont logées

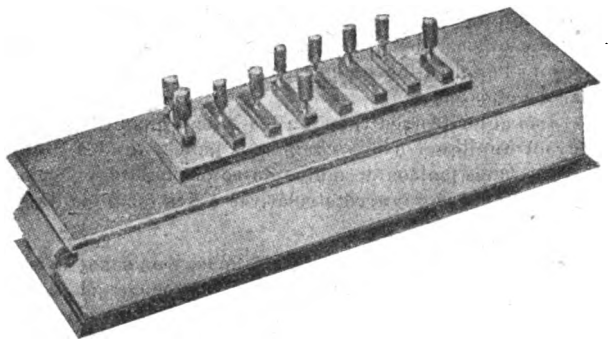


Fig. 1. — Batterie de piles sèches de 200 v.

dans une boîte en bois de 61 × 18,5 × 11,5 cm recouverte d'une plaque d'ébonite qui sert à isoler les fiches avec lesquelles on réalise le couplage en série des éléments; ceux-ci sont du type 1 689 de 4 v (3 piles à 1,4 v); comme il y a intérêt à ne pas en grouper un trop grand nombre en série d'une façon permanente, on répartit l'ensemble en 3 rangées de 10 petites batteries (soit 40 v par rangée) et 5 rangées de 5 petites batteries (soit 20 v par rangée). Les rangées successives sont isolées entre elles par de la micanite et peuvent être connectées en série au moyen de fiches. Un autre jeu de fiches permet de prendre sur la boîte la tension désirée; on les enfonce dans les logements pratiqués dans des plots en laiton isolés et reliés électriquement aux petites batteries. Ces fiches spéciales sont percées d'un trou axial dans lequel on introduit le fil isolé qui relie les appareils à la batterie et qui est fixé à la partie métallique au moyen d'une petite vis dont la tête est complètement noyée dans l'ébonite, de sorte qu'elle n'est jamais exposée à venir en contact avec la main de l'opérateur. Comme aspect extérieur, les deux types de fiches ne présentent aucune différence.

Une autre disposition très pratique de piles sèches est celle représentée en figure 2. La boîte contient 25 éléments qui, couplés en série, donnent une tension totale de 35 v. En faisant avancer l'aiguille d'une division, on augmente la tension prise aux bornes d'environ $\frac{35}{25} = 1{,}4$ v. Une qualité caractéristique de ce montage est la facilité avec laquelle on peut enlever un élément défectueux pour le remplacer par un autre en bon état. Les piles fournies par le fabricant ont une forme cylindrique; l'enveloppe extérieure est en zinc et constitue l'électrode négative; la borne positive est constituée par un petit capuchon en laiton relié au pôle positif et émerge du centre de la pile. La batterie est disposée en cercle entre deux planches d'ébonite dont l'une forme le couvercle de la boîte et dont l'autre est à l'intérieur et soutenue par la première au moyen de 4 colonnettes en ébonite. Chaque pile a environ 5 cm de hauteur et 1,4 cm de diamètre; elle est maintenue en place par des ressorts en cuivre, comme le montre la figure 3. Ainsi l'élément A repose sur la plaque d'ébonite inférieure de 4,8 mm d'épaisseur; il est saisi par le ressort B soudé à l'équerre E vissée sur la plaque de base. Sur la borne positive appuie le ressort C soudé au bloc de laiton D qui est vissé sur la face intérieure du couvercle de 12,7 mm d'épaisseur. Le bloc D est relié par un fil isolé à la plaque E de l'élément suivant et ainsi de suite. Le pôle négatif du premier élément de la série est connecté à la borne du couvercle; à l'intérieur, un bras, symétrique de l'aiguille qui repère sa position sur le cadran, frotte sur les blocs D et est relié à la borne + du couvercle. Enfin, on peut prévoir, pour certaines applications, deux contacts supplémentaires dont l'un met la pile en « circuit ouvert » et dont l'autre met les bornes extérieures en court-circuit; ce dernier porte le n° 0; puis, avançant l'aiguille sur le plot 1, on intercale le premier élément et successivement tous les autres.

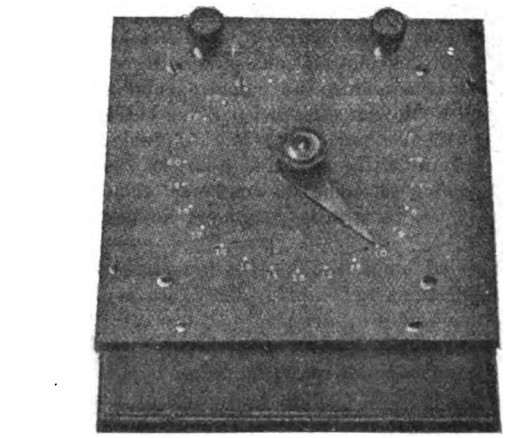


Fig. 2. — Boîte contenant 25 éléments secs en série, d'une tension totale de 35 v.

La boîte représentée en figure 2 a une surface de 22 cm² et une hauteur de 9,5 cm On peut construire des piles d'une capacité double de celles que nous venons de décrire; les plus grandes ont 5,5 cm de hauteur et 1,9 cm de diamètre; elles sont logées dans des boîtes ayant 25 cm² de surface et 10,5 cm de hauteur. Les grandes piles ont toujours plus d'endurance que les petites. De la figure 3 il résulte qu'un élément peut facilement être retiré de la boîte et remplacé par un autre, puisqu'il n'y a ni soudure, ni vis pour assurer les contacts.

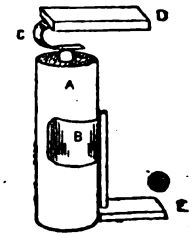


Fig. 3. — Détails du montage d'un élément dans la boîte.

B. C.

(1) Franck Horton. *Philosophical Magazine*, octobre 1917, 6e série, t. XXXIV, p. 327-332, 3 fig.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Congrès général du Génie civil (*Suite*)

Continuant le compte rendu des travaux de ce Congrès, nous donnons ci-dessous une analyse des rapports présentés par la Section III, section ayant pour objet : Mécanique, Moteurs Machines-outils.

TRAVAUX DE LA SECTION III

Les rapports publiés par cette section, présidée par M. Masson, sont au nombre de 18 et forment un fascicule de 166 pages. Onze sont analysés ci-dessous; les sept autres se rapportent à des industries tout à fait spéciales ; en voici les titres :

Conditions d'existence de l'industrie cotonnière en France, par M. Maurice Denis ;

Laboratoires d'essais des textiles, par M James Dantzer, professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers ;

Le matériel de l'industrie textile, par James Dantzer et Alfred Renouard, ingénieur, licencié es sciences, ancien industriel ;

L'unification des mesures adoptées dans l'industrie textile, par Alfred Renouard ;

L'application du système métrique dans le commerce de la quincaillerie, par André Baudet, ingénieur des Arts et Manufactures, président de la Chambre syndicale du Commerce et de la fabrication de la Quincaillerie (1) ;

Construction mécanique pour les industries spéciales, par E. Repiquet, ingénieur-constructeur ;

La situation de la construction en France des machines d'imprimerie, par Edouard Lambert, ingénieur-constructeur E. C. P.

Appareils et instruments de précision pour la production de pièces mécaniques interchangeables (2)

Dans ce rapport, M. Marre constate que « l'expérience a prouvé que le moyen le meilleur et le plus pratique pour la sécurité des mesures consiste à se servir d'instruments comparateurs et d'employer, pour les régler dans les environs de la mesure à prendre, de types étalons tels que cales, broches, rondelles, tampons, jauges, etc., étalonnés en laboratoire de métrologie. » La pratique a montré en outre que, dans les ateliers de mécanique où l'on travaille surtout les métaux tels que fer, fonte et acier, qui ont des coefficients de dilatation assez rapprochés, l'emploi de types-étalons en acier, étalonnés à la température de la glace fondante, donnait toute satisfaction pourvu que le type-étalon, la pièce à mesurer et l'instrument comparateur soient à des températures peu différentes, ce qui est presque toujours très facile à réaliser. Aussi le rapporteur préconise t-il cette méthode de mesure qu'il appelle « méthode par comparaison directe », mais en insistant sur la nécessité de faire l'étalonnage du type-étalon pour la température de la glace fondante.

Le rapporteur fait remarquer que, grâce aux étalons précis du mètre international et de ses subdivisions fournis ou contrôlés par le Bureau international du pavillon de Breteuil ou par notre Conservatoire des Arts et Métiers, les constructeurs mécaniciens peuvent se procurer partout des types-étalons d'une mesure déterminée, exacts au degré de précision utile, centième de millimètre et même millième de millimètre (micron) s'il est nécessaire. En France, les ateliers Bariquand et Marre, ont préconisé et étendu l'emploi des broches-étalons pour la production de pièces interchangeables de toutes sortes ; les broches de construction courante au centième de millimètre sont cylindriques et au diamètre de 8 mm ; les broches de grande précision ont 12 mm de diamètre et sont épaulées aux deux extrémités pour réduire les plans de contact à 5 mm. Les ateliers Brown et Sharpe, de Providence (E.-U.) construisent des broches-étalons à bouts plats de 6,5 mm de diamètre environ et des broches à bouts sphériques de 9,5 et 12,7 mm de diamètre. Les ateliers Johansson, d'Eskilstuna (Suède), construisent des cales-étalons, méplates à faces parallèles, extrêmement bien faites, depuis les plus petites épaisseurs. Les mesures de tous ces ateliers concordent aujourd'hui, car pour les commandes de calibre de toutes sortes, remises par les services de l'Etat français, guerre, marine, aviation, tous les départements intéressés ont exigé que les mesures soient réglées sur des broches ou cales-étalons en concordance avec les parties aliquotes du mètre international à 0° C.

Dans sa conclusion, le rapporteur s'exprime ainsi :

« Le Congrès du Génie civil, qui attache la plus grande importance à l'unification du plus grand nombre possible d'objets d'usages généraux et des pièces mécaniques, ainsi qu'à leur réalisation en pièces interchan-

(1) Cette application a déjà été signalée dans ces colonnes. *R. G. E.*, 7 juillet 1917, t. II, p. 25-26.

(2) Rapport de M. Ch. Marre.

Digitized by Google

geables, recommande pour les obtenir facilement et régulièrement l'emploi des broches et cales-étalons comme types de comparaison pour les mesures et comme rapporteurs de réglage pour les instruments par la méthode de comparaison directe. »

L'unification et l'étalonnage des éléments des constructions industrielles (1).

L'unification des principaux éléments des constructions, portant non seulement sur leurs formes et leurs dimensions mais aussi sur la nature des matériaux et des essais qui la contrôlent, donne des garanties en ce qui concerne la qualité de ces constructions ; d'autre part elle est de nature à améliorer les conditions de la production en réduisant les prix de revient et les délais de livraison ; en outre, elle facilite l'entretien des appareils.

Il est naturel que l'unification porte d'abord sur les objets d'un usage très général dans l'industrie et les constructions, tels que les vis, les profilés, les tôles, les assemblages ; elle s'applique ensuite aux objets spéciaux, d'un usage étendu, tels que les rails et les bandages de chemins de fer et de tramways, l'appareillage électrique et même à des pièces d'un emploi plus limité, par exemple organes d'automobiles, objets de quincaillerie.

Après cet exposé des avantages de l'unification, l'auteur rappelle que certaines unifications ont été réalisées en France et qu'en particulier le système international de filetage des vis mécaniques, établi d'après les propositions de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale (suggérées pour la plupart par le rapporteur lui-même, ce que celui-ci omet de dire), y est largement en usage. D'autres unifications, notamment celles des divers genres de vis (petites vis, filetages des tuyaux à gaz, etc.), ont été minutieusement étudiées et sont à point pour l'adoption (2). Certains syndicats industriels ont créé des types uniformes de produits spéciaux qui les intéressent. Un comité technique, réuni par le Touring Club de France, a donné en 1903 des règles pour l'unification des chaînes d'automobiles.

Le rapporteur rappelle ensuite que c'est surtout en Angleterre que l'unification s'est développée grâce à la constitution de l'Engineering Standards Committee, dont M. Sauvage indique l'organisation et les travaux (3).

Il fait observer que pour l'exécution précise des pièces dont les dimensions ont été unifiées et qui, par suite, doivent être interchangeables, il est indispensable de fixer la température à laquelle les calibres servant à la construction et à la vérification donnent exactement la cote qu'ils doivent contrôler. S'il est vrai que, pour la mesure d'une pièce métallique ayant même coefficient de dilatation que le calibre, la température à laquelle on effectue la vérification est indifférente, il ne faut pas perdre de vue que des calibres, établis les uns à 0° C, les autres à 15 ou 20° C, ainsi que cela a lieu actuellement, sont en réalité différents : pour un diamètre de 20 mm, l'écart est de 3 à 4 μm, différence inadmissible pour des calibres de précision. Les pièces mesurées par ces calibres divers ne sont pas interchangeables et on a pu le constater lors de la réception de pièces exécutées avec le plus grand soin dans des ateliers différents (1). Aussi conviendrait-il, ainsi que le demandait récemment M. E. Martet, que cette question soit reprise par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale devant laquelle elle avait été soulevée il y a plusieurs années (2).

Le rapporteur est d'avis que, pour établir les règles d'unification et en poursuivre l'adoption, il n'y a qu'à suivre la méthode appliquée en Angleterre et d'ailleurs employée en France d'une manière plus restreinte pour les quelques unifications déjà réalisées : « Une Commission permanente sera constituée par les grandes sociétés techniques, notamment la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale et la Société des Ingénieurs civils. Cette Commission déterminerait les études à entreprendre et ferait connaître les travaux déjà exécutés dans la voie de l'unification ; elle constituerait une série de commissions spéciales où seraient appelés des représentants de l'État, des sociétés intéressées, des syndicats industriels, des grandes administrations, pour établir les règles applicables à chacune des catégories d'objets à unifier ». Cette Commission aurait aussi à poursuivre la suppression de toutes les désignations commerciales basées sur des mesures autres que celles du système métrique, en préconisant les initiatives syndicales telles que celle qui a été prise par la Chambre syndicale de la Quincaillerie (3).

La conclusion du rapport est la suivante :

« Le Congrès demande à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale et à la Société des Ingénieurs civils de s'entendre pour constituer, en faisant appel au besoin, à d'autres grandes sociétés techniques, une Commission permanente pour l'étude des unifications industrielles. Cette Commission, tenant compte des travaux déjà effectués à cet effet, et notamment de

(1) Rapport de M. Éd. Sauvage.

(2) Rappelons à ce propos les renseignements déjà donnés à ce sujet dans la *R. G. E.*, du 1er septembre 1917, t. II, p. 322, au sujet de la bibliographie relative à cette unification :

Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, décembre 1915, t. CXXIV, p. 550-568, qui contient un historique de la question, ainsi que janvier-février et mars-avril 1917, t. CXXVII, qui renferment quelques indications complémentaires;

La Revue électrique, 10 février 1911, t. XV, p. 140-142 et décembre 1916, t. XXVI, p. 386-387, où l'on trouvera un résumé de la question.

(3) Voir à ce sujet :

J. Blondin. L'Engineering Standards Committee. *La Revue électrique*, t. XXIV, 19 novembre 1915, p. 289-291 et 313-316 ; *Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, février 1916, t. VI (3e série), p. 54-58 et 71-75.

(1) Voir *R. G. E.*, 9 mars 1918, t. III, p. 345.

(2) *Bull. Soc. d'Encour. pour l'Ind. nat.*, 1903, 1er semestre, p. 26.

(3) L'application du système décimal métrique dans le commerce de la quincaillerie. *R. G. E.*, juillet 1917, t. II, p. 2 et 25-26.

Digitized by Google

l'œuvre de l'Engineering Standards Committee, déterminerait les questions à étudier et leur ordre d'urgence et constituerait pour ces études des sous-commissions spéciales en faisant appel aux principaux intéressés. La Commission aurait à déterminer aussi la température d'étalonnage des calibres, en supprimant toutes les désignations basées sur les anciennes mesures non métriques.

» D'autre part, le Congrès fait appel à l'État pour qu'il favorise les unifications industrielles, en autorisant ses agents à prêter leur concours aux commissions d'études, en contribuant aux frais d'études, en adoptant le plus largement possible dans ses ateliers et pour ses commandes, les règles tracées par la Commission permanente ; il adresse le même appel aux diverses sociétés techniques, aux syndicats industriels, aux grandes administrations, pour obtenir le concours le plus étendu possible et sous toutes les formes, dans l'élaboration, puis dans la mise en pratique des règles. »

Proposition tendant à la création, par les constructeurs et fabricants mécaniciens, d'un « Institut français de Mécanique appliquée » (1).

Cette proposition, faite par le rapporteur, peut se résumer comme il suit :

Pour le développement nécessaire de nos industries mécaniques, il est indispensable que nos ateliers soient perfectionnés d'une manière incessante ; la nécessité pour les industriels de travailler en commun à ce perfectionnement paraît indiscutable.

« Il serait désirable qu'il fût créé, dès maintenant, par l'ensemble des industriels intéressés, une institution comprenant un office de documentation technique, un bureau d'études techniques et un laboratoire.

» Les trois organes ci-dessus, se complétant l'un l'autre, devraient porter plus spécialement leur activité sur des questions de technologie appliquée aux constructions et fabrications mécaniques (terminologie d'atelier, unification, procédés de travail, aménagement des ateliers quant à la distribution de l'énergie, aux manutentions, etc.).

» L'institution disposerait pour cela d'un personnel compétent, largement rétribué.

» Le capital de premier établissement serait constitué, et le budget annuel entretenu, au moyen d'une participation des industriels intéressés.

» Les services publics exploitant des ateliers seraient admis à participer à la formation du capital, à l'entretien du budget et à la gestion, au même titre que les industriels et selon leur importance. »

Après étude de cette proposition la Section a adopté les conclusions suivantes :

« La Section partage les vues du rapporteur quant à la très grande importance du perfectionnement technique des ateliers ; elle estime toutefois que pour réaliser, dans la mesure du possible, les desiderata exprimés, il conviendrait de procéder comme suit.

» En ce qui concerne le laboratoire : la Section estime en raison notamment des difficultés qu'il pourrait y avoir à obtenir des intéressés les ressources nécessaires, qu'il n'y a pas lieu d'envisager à présent la création d'un laboratoire spécial pour les études relatives à la technologie d'atelier, mais que ces études doivent être faites par le laboratoire central dont elle a demandé le développement ; une partie de ce laboratoire devrait être organisée à cet effet.

» En ce qui concerne la documentation ; la Section estime qu'il n'y a pas lieu de rattacher cette question à celles des laboratoires ; elle n'est pas en mesure de présenter une proposition ferme à cet égard.

» En ce qui concerne l'unification et la terminologie d'atelier : la Section renvoie aux vœux déjà émis quant à l'unification.

» Elle estime que la terminologie d'atelier, se rattachant directement à l'unification, pourrait être traitée en même temps que celle-ci par la Commission permanente dont la création a été demandée. »

La construction mécanique en France et les causes de son faible développement (1).

L'organe essentiel de la construction mécanique est la machine-outil pour travailler les métaux. Aussi le rapporteur s'attache-t-il à rechercher dans le dédale des statistiques douanières quelle était l'importance de l'importation de ces machines en France avant la guerre.

La discussion de ces statistiques indique que, en 1913, nous avons importé plus de 200 000 quintaux de ces machines, d'une valeur d'environ 48 000 000 fr, et que la moitié de cette importation venait d'Allemagne.

Passant alors en revue les diverses causes qui ont amené cette situation, le rapporteur signale les imperfections de notre organisation scientifique et technique, de notre organisation commerciale, de notre organisation douanière et enfin de notre organisation bancaire. Aussi, comme conclusions, demande-t-il :

« 1° La réforme de l'enseignement scientifique et technique, réforme grâce à laquelle notre industrie devra trouver le personnel de maîtrise nécessaire à la bonne marche de ses ateliers ;

» 2° Attirer l'attention des pouvoirs publics sur la nécessité d'une revision douanière qui accorderait à la machine-outil des droits protecteurs en corrélation avec ceux qui protègent les matières nécessaires à leur production ;

» 3° Qu'enfin une réforme bancaire puisse ouvrir à l'industrie un crédit de plus longue durée que celui qui lui est donné jusqu'à présent. »

Les moyens de développer plus rapidement l'expérience des futurs ingénieurs (2).

Quand un problème est posé à un ingénieur, celui-ci envisage d'abord un certain nombre de combinaisons

(1) Rapport de M. J. Androuin, ingénieur A. et M.

(1) Rapport de M. H. Ernault, ingénieur des Arts et Manufactures, constructeur mécanicien.

(2) Rapport de M. R. Guillery, ingénieur des Arts et Métiers.

Digitized by Google

susceptibles de donner la solution demandée, il les analyse individuellement, ne retient que celles qu'il juge les meilleures, et, parmi ces dernières, il choisit la combinaison qui, à son avis, a le plus de chances de succès.

Dans une telle étude la « science » joue certainement un rôle important, mais beaucoup moindre que celle qui est demandée à l' « expérience » de l'ingénieur. C'est presque l'expérience seule qui, de ces combinaisons, fait préjuger des meilleures et la première à essayer. C'est l'expérience qui appréciera l'essai; c'est encore elle qui réduira le nombre des erreurs, des oublis et des accidents possibles, et c'est elle, enfin, qui rendra la solution économique. Et par « expérience » il ne s'agit pas seulement de l'expérience empirique, mais aussi et surtout de l'expérience scientifique.

Or, l'expérience n'est actuellement acquise que par l'âge; le but du rapporteur est de rechercher les moyens qui permettraient à l'enseignement technique de réduire au minimum le temps que les ingénieurs mettent à l'acquérir.

Un des moyens serait que les ingénieurs qui ont eu des problèmes difficiles à résoudre et les ont résolus veuillent bien écrire un historique documenté de leurs erreurs, de leurs déboires et de leurs accidents. Nos devanciers ne nous ayant malheureusement pas légué une documentation de ce genre, c'est à nos contemporains de l'entreprendre. Pour cela le rapporteur propose de demander des conférences à tous les ingénieurs connus par leurs découvertes, par leurs inventions réalisées ou essayées avec ou sans résultats positifs. Dans ces conférences, ces ingénieurs exposeront leurs idées premières, décriront en les critiquant leurs essais successifs, montreront leurs erreurs, leurs oublis, les incidents, les accidents même, les mille déboires qui, accumulés, forment la meilleure partie de l'expérience des hommes. Après discussion par les groupements techniques, les textes de ces conférences seront publiés par la direction de l'Enseignement technique dans un recueil qui constituerait le « Carnet de l'Expérience ».

A la suite de ces considérations, le rapporteur estime résumer l'avis de la Section dans les conclusions suivantes :

« La III[e] Section du Congrès du Génie civil,

» Considérant :

» Que la fonction « Expérience » joue dans l'art de l'ingénieur un rôle prédominant;

» Que l' « Expérience » de l'ingénieur est faite bien plus des erreurs, des oublis, des accidents, qu'elle n'est faite des résultats positifs qui seuls font sa réputation et souvent sa gloire;

» Que si notre enseignement technique apprend au futur ingénieur les choses telles qu'elles doivent être faites, on lui enseigne mal les moyens de les faire. On oublie de lui montrer les erreurs qu'il sera tenté de commettre et de lui signaler les accidents qu'il devra éviter;

» Qu'on néglige ainsi la partie la plus ingrate de son éducation technique;

» Qu'il convient d'introduire dans notre enseignement technique la notion de l'expérience;

» Emet le vœu :

» Que la Direction de l'Enseignement technique décide la création des Carnets de l'Expérience;

» Que ces carnets soient un résumé de conférences faites par tous les savants et tous les ingénieurs dont les travaux font autorité;

» Que ces conférences soient un historique sincère de leurs travaux depuis la genèse de l'idée ou l'énoncé du problème posé jusqu'au résultat définitivement obtenu, en insistant spécialement sur les déboires momentanés ainsi que sur leurs causes;

» Que ces carnets soient créés pour toutes les branches de l'industrie et pour les spécialités de chaque branche;

» Que les professeurs de sciences appliquées connaissent obligatoirement les carnets des spécialités qu'ils enseignent;

» Que ces carnets soient consultés facultativement par les élèves qui veulent se spécialiser et soient, dans ce but, mis à leur disposition. »

L'étude de l'évolution des machines et procédés industriels [1].

Ce qui rend les études techniques réellement instructives, ce n'est pas d'examiner en détail une machine plutôt qu'une autre, c'est d'étudier les raisons qui ont motivé ses diverses transformations, parce que les raisons subsistent, tandis que les modifications se substituant les unes aux autres, les plus récentes font disparaître celles qui les ont précédées. Le but à atteindre dans l'étude descriptive des machines, est donc de mettre en lumière les raisons des transformations qui forment en quelque sorte les principes fondamentaux de leur évolution. Il est, en effet, nécessaire que les élèves se rendent compte de ces raisons si nous voulons qu'ils deviennent des hommes de progrès et cherchent eux-mêmes des choses nouvelles.

Le rapporteur reconnaît que l'étude de cette évolution est difficile et nécessite une documentation très complète qu'on ne peut réaliser, dans les écoles, pour tous les appareils décrits. Mais il estime que, sans faire cette étude pour tous les appareils, il est possible de la faire pour un certain nombre, par exemple à l'aide de conférences hors cours.

Il conclut par les vœux suivants :

« 1° Que dans l'enseignement de la mécanique appliquée et de la technologie, il soit fait une place à l'étude de leur évolution, soit dans le cours lui-même, soit par des conférences hors cours.

» 2° Que pour la formation et le choix du personnel enseignant, il soit tenu compte du vœu ci-dessus; que ce personnel enseignant soit tenu en contact permanent avec l'industrie. »

[1] Rapport de M. L. Guillot, professeur de mécanique à l'Ecole nationale d'Arts et Métiers d'Angers.

Digitized by Google

Sur la force motrice (1).

Dans ce rapport, l'auteur commence par faire ressortir le développement de la puissance des unités motrices pendant les cinquante dernières années, d'abord avant 1901, ensuite depuis 1900. Il examine successivement les moteurs à vapeur, les moteurs à gaz, les moteurs à huile, puis il envisage l'emploi de l'énergie électrique et fait une comparaison entre la force motrice produite par la vapeur et celle obtenue par l'électricité. Il conclut que, tant que la puissance demandée ne dépasse pas 200 ch, c'est à l'électricité qu'il convient de s'adresser et que pour des puissances plus grandes les cas d'espèce sont à envisager.

Le développement à donner à l'enseignement de la mécanique (2).

I. — La reconstitution de nos mines et usines du Nord et de l'Est, la remise en état de notre matériel de transport, la construction du matériel agricole, le développement du machinisme dans toutes nos industries font prévoir qu'il faudra effectuer annuellement 600 millions, peut-être même 1 milliard de construction mécanique après la guerre en plus de 1 200 ou 1 500 millions qui étaient produits pendant les années qui ont précédé 1914. Le développement à atteindre est donc de 50 à 75 pour 100. Le rapporteur estime que ce n'est nullement au delà de nos possibilités.

Cette augmentation de la production devra être assurée avec le même personnel qu'avant la guerre ou même avec moins encore. Les méthodes modernes d'organisation du travail le permettent et c'est d'ailleurs indispensable car autrement les salaires des ouvriers ne pourraient atteindre les chiffres susceptibles de les satisfaire. D'un autre côté, le problème du recrutement de la main-d'œuvre, si troublant pour d'autres industries, ne présentera pas de difficultés sérieuses au début dans l'industrie mécanique; il conviendra seulement d'entretenir ce recrutement et de perfectionner les capacités professionnelles, déjà satisfaisantes, de nos ouvriers de métier : ce sera l'œuvre des institutions d'apprentissage et de préapprentissage qui sont en voie de solution.

Il en est autrement du recrutement des ingénieurs, dirigeants, chefs d'ateliers, contremaîtres, chefs d'études, dessinateurs que, pour simplifier le langage, M. Rateau appelle les « intellectuels ». Leur nombre doit être, en effet, sensiblement proportionnel au chiffre d'affaires; le coefficient de proportionnalité croit même à mesure que se développe l'organisation rationnelle et méthodique du travail, puisqu'une telle organisation exige des études préparatoires plus minutieuses ; mais, d'un autre côté, ce coefficient doit décroître si, comme on le propose, on concentre la même fabrication dans un petit nombre d'ateliers, puisque alors il y a moins d'équipes étudiant exactement les mêmes choses dans des maisons diverses. Aussi, le rapporteur pense-t-il que ces influences opposées se compenseront et que le besoin d'intellectuels sera à peu près proportionnel au chiffre d'affaires. C'est donc 75 pour 100 de plus d'intellectuels qu'il nous faut; c'est même 100 pour 100 si l'on tient compte de la demande d'intellectuels de mécanique faite par les mines, les aciéries, les centrales électriques, etc., pour diriger leurs installations, surveiller les machines, faire les réparations.

Le rapporteur expose alors succinctement comment on pourrait arriver à avoir des bureaux d'études communs à diverses affaires d'une même spécialité, comment il serait possible de former rapidement le personnel de maîtrise des ateliers et le personnel secondaire des bureaux de dessin, puis il aborde la partie essentielle de son rapport : la formation du personnel principal.

II. — Pour ce personnel, il faut de toute nécessité développer les écoles actuelles, ou mieux en créer de nouvelles. Ce n'est pas cependant que le rapporteur soit partisan d'instruire tout le monde à l'école, car il estime que ceux qui s'élèvent par leurs propres forces ont généralement l'esprit plus pratique, plus libre et plus hardi. Aussi conseille-t-il aux chefs d'industrie d'aider de leur mieux les hommes qui se font eux-mêmes; ce sera d'ailleurs un moyen de réduire le nombre des écoles nécessaires.

1. De ces écoles, celles qui fournissent aujourd'hui le plus de personnel à la construction mécanique sont les Ecoles d'Arts et Métiers. Récemment, la Société des anciens Elèves de ces écoles a manifesté son hostilité à l'augmentation de leur nombre. Le rapporteur estime que, devant le besoin inéluctable de personnel intellectuel, il est indispensable de réaliser cette augmentation; on peut, d'ailleurs, l'effectuer tout en tenant compte du principal vœu de la Société des anciens Elèves : ne pas diminuer le niveau des études. Le rapporteur estime aussi qu'il n'y a pas de raison de ne pas étendre aux Ecoles d'Arts et Métiers l'admission des femmes, déjà réalisée à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures et à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, car les femmes réussissent parfaitement bien dans les bureaux d'études.

En terminant la partie de son rapport relative aux Ecoles d'Arts et Métiers, M. Rateau signale une idée qui lui a été présentée par son chef d'études, M. Villette et qui lui paraît très juste :

« Les élèves qui sortent actuellement des écoles d'arts et métiers se classent en trois catégories :

» *a*) Les techniciens (assez souvent maladroits de leurs mains) qui aiment surtout les études de science pure et appliquée et se destinent tout naturellement aux bureaux d'études.

» *b*) Les praticiens (bons en atelier et en dessin, assez faibles pour le reste) qui ne s'intéressent qu'aux choses de l'atelier, entrent à la sortie de l'école comme ouvriers dans les usines, et au bout de deux ou trois

(1) Rapport de M. Compère, ingénieur des Arts et Manufactures, directeur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.

(2) Rapport de M. Rateau.

Digitized by Google

ans commencent à prendre du galon dans la hiérarchie des ateliers;

» *c*) Les commerçants, qui sont moyens techniciens, moyens praticiens, mais ne s'intéressent ni aux études ni à l'atelier et préfèrent la représentation industrielle ou les bureaux commerciaux. Ce sont généralement ceux qui ont l'esprit aventureux et qui se répandent un peu partout dans le monde en occupant les emplois les plus divers.

» N'y aurait-il pas là une base pour spécialiser les élèves en quatrième année, suivant leurs goûts et leurs caractères, au lieu de les spécialiser par industrie?

» Le premier groupe recevant un bagage scientifique plus étendu, faisant des calculs d'application et des études nombreuses, formerait un état-major remarquable pour les bureaux d'études.

» Le deuxième groupe étudierait d'une façon complète les méthodes modernes de travail, l'organisation scientifique des usines, les lois ouvrières et de prévoyance sociale, l'établissement des prix de revient et se trouverait ainsi mieux préparé pour la direction des ateliers et l'organisation des fabrications intensives.

» Le troisième groupe, enfin, serait instruit de ce que l'on n'apprend nulle part en France aux industriels: l'administration et le commerce, l'art d'étudier un marché et les méthodes pour le servir. L'essor commercial et industriel de la France trouverait là des éléments précieux qui pourraient être un facteur décisif pour le développement des affaires d'exportation et l'expansion de nos industries. »

2. Le rapporteur passe alors aux moyens propres à accroître l'élite des ingénieurs capables, par les plus vastes connaissances en mécanique théorique et pratique, d'aborder et de résoudre les problèmes les plus ardus.

Il estime que nos écoles actuelles d'enseignement sont insuffisantes à cet égard. A l'École centrale des Arts et Manufactures, l'enseignement est trop encyclopédique. Qu'un tel enseignement soit employé pour les sciences pures et pour quelques éléments de la technique générale industrielle, rien de mieux. Mais qu'on surcharge l'esprit des élèves avec des détails particuliers à chaque genre d'industrie, cela lui paraît abusif. Cette pédagogie a peut-être son utilité si on borne son application à quelques hommes; il serait sage de la restreindre le plus possible.

Le rapporteur propose la création d'une école supérieure de mécanique où l'on pousserait l'étude des sciences mathématiques et physiques le plus loin possible, du moins dans la partie de ces sciences susceptibles d'être utiles à l'ingénieur mécanicien. L'enseignement de la technique s'y ferait avec l'aide des laboratoires très complètement outillés; un laboratoire spécial de recherches serait à la disposition des professeurs et des ingénieurs; des cours spéciaux sur l'économie industrielle seraient faits aux élèves qui inclineraient plutôt du côté de la partie administrative et commerciale; des stages sérieux en France et même à l'étranger seraient organisés. Pour le recrutement il serait bon, au moins au début, de sortir des errements qui règnent en France depuis un siècle pour l'admission aux grandes écoles; il ne serait demandé aux candidats que les connaissances littéraires et scientifiques correspondant au programme du baccalauréat ès sciences: on éviterait ainsi l'énorme perte de temps que subissent actuellement, par le fait des concours, les jeunes gens qui sont par là obligés de faire en moyenne 2 à 3 ans de mathématiques spéciales et, de plus, on éluderait les inconvénients inhérents à la déformation de l'esprit occasionnée par la répétition excessive des mêmes matières. Dans ces conditions il faudrait compter une durée d'études de 4 ans: les jeunes gens entrant en moyenne entre 17 et 18 ans sortiraient donc entre 21 et 22 ans. A cette école serait adjointe une école dite « complémentaire » où les élèves les mieux doués pourraient en une demi-année ou plus, pousser leur instruction théorique et technique et travailler à des recherches personnelles dans le laboratoire de recherches; à cette école complémentaire seraient admis les élèves issus d'autres écoles et les ingénieurs en service dans l'industrie. Par cette disposition, on donnerait satisfaction au vœu émis par la Société des Ingénieurs civils, relativement à l'enseignement post-scolaire.

III. — Comme conclusion de son rapport, M. Rateau propose le vœu suivant:

« 1° En vue d'économiser ce personnel, les entreprises similaires (mines d'un même bassin, aciéries d'une même nature, chemins de fer, chantiers de constructions navales, etc.), se groupent pour réaliser des bureaux d'études communs;

» 2° Les industriels de la construction mécanique, et plus particulièrement leurs Chambres syndicales, s'intéressent aux écoles de dessin pour jeunes filles, qu'ils les encouragent et leur apportent, à l'occasion, par des subventions ou par tous autres moyens appropriés, une aide matérielle leur permettant d'étendre et d'améliorer les cours;

» 3° Pour augmenter le nombre des ingénieurs, il soit créé par l'État deux nouvelles écoles nationales des Arts et Métiers, ou tout au moins une, et que, concurremment, pour accroître le recrutement des candidats aux écoles des Arts et Métiers, d'une part, on admette les femmes à l'une de ces écoles au moins, et, d'autre part, on augmente beaucoup le nombre des écoles professionnelles;

» 4° Pour former une élite d'ingénieurs mécaniciens possédant une culture théorique et technique aussi complète que possible, il soit créé, par la collaboration financière de l'État et de l'ensemble des constructeurs mécaniciens, une école spéciale supérieure de mécanique dotée de laboratoires largement outillés, où la durée normale des cours serait de quatre années maximum, y compris les études de « mathématiques spéciales » et une école complémentaire adjointe où, en six mois, un an au plus, les ingénieurs sortant de cette école, ou de toutes autres, pourraient immédiatement ou après un certain temps passé dans l'industrie, venir approfondir davantage leurs connaissances.

Digitized by Google

» L'école spéciale supérieure devrait, dans la dernière période des études, comprendre deux divisions, l'une pour les ingénieurs particulièrement techniciens, l'autre pour les ingénieurs qui inclineraient plutôt vers les fonctions administratives ou commerciales. »

Les laboratoires de machines et de mécanique générale (1).

Dans une première partie, le rapporteur fait l'historique et l'énumération des principaux laboratoires existants; dans la seconde il expose les desiderata qu'un laboratoire bien organisé peut remplir; dans la troisième il donne la description très sommaire de l'installation d'un laboratoire de machines et de mécanique générale; une bibliographie des publications récente sur le sujet complète le rapport.

En raison précisément du nombre de ces études dont quelques-unes ont été analysées ou publiées dans cette Revue (2), nous ne faisons que reproduire les vœux qui terminent le rapport :

« 1° Qu'il soit créé un organisme centralisant les laboratoires déjà existants;

» 2° Que cette organisation comporte la création d'un laboratoire de recherches scientifiques et d'applications industrielles dont l'objet sera de faire œuvre d'ingénieur-conseil vis-à-vis des industriels ayant recours à ses bons offices; d'étudier chaque année les problèmes soumis à son personnel par la Commission de direction, et d'exécuter certains essais qui peuvent lui être demandés par le public;

» 3° Que ce laboratoire soit placé sous la direction de l'industrie française et qu'il reçoive de par sa constitution organique l'estampille officielle, sans cependant être sous la dépendance directe de l'État. »

Ajoutons que, sur la proposition de M. Masson, président, une Sous-Commission composée de MM. Sauvage, président, Boyer-Guillon, Compère, Godfroid, Lumet, Repiquet, a été élue avec mission de s'accorder sur les conclusions à proposer à la Section; à la suite de cette nouvelle étude, approbation a été donnée :

« 1° Il est très important que les industriels développent leurs laboratoires privés suivant leurs propres besoins, individuellement ou par groupement d'industries similaires;

» 2° Il est indispensable pour une nation comme la France de posséder un laboratoire central, ouvert à tous les industriels pour tous les essais courants et pour les recherches techniques;

» 3° Ce laboratoire, qui pourrait être le développement de celui du Conservatoire des Arts et Métiers, aurait à s'occuper, non seulement d'essais et de mesures, mais également de recherches techniques et d'études scientifiques;

» 4° Pour atteindre ce but, il est indispensable que ce laboratoire soit largement doté par l'État et l'industrie privée de grandes ressources pécuniaires lui permettant :

» a) De réaliser une installation en rapport avec les services qu'il est appelé à rendre;

» b) De posséder un personnel suffisamment nombreux et d'une compétence indiscutable.

» 5° Il est à souhaiter que tous les grands laboratoires se tiennent en rapport les uns avec les autres de manière à éviter la dispersion des efforts. »

La vérification des instruments de mesure (1).

Le rapporteur est d'avis que la réglementation administrative, qui date de 1839, doit être complètement remaniée. Il faut en particulier supprimer le principe du poinçonnage des appareils individuellement, car si on voulait appliquer ce principe à tous les appareils compteurs créés depuis 1839, ce serait une armée de nouveaux fonctionnaires qu'il faudrait lever.

Les vœux exprimés dans ce rapport sont :

« 1° Tout appareil ou instrument de mesure pouvant servir au commerce et dont la liste sera publiée par les autorités compétentes doit être conforme à un type que son constructeur a soumis à l'administration et dont la vente a été autorisée par une décision portant un numéro d'ordre.

» 2° A côté de la Commission de Métrologie qui conserverait ses attributions actuelles, en ce qui concerne l'examen et l'admission des types présentant un caractère de nouveauté et à laquelle on pourrait adjoindre un constructeur avec voix consultative, il serait créé une ou plusieurs Sous-Commissions chargées d'examiner chacun des types d'appareils admis en principe par la Commission de Métrologie et que les constructeurs se proposent de répandre dans le commerce. Le type, une fois agréé, on délivrerait au constructeur une autorisation d'exploitation se rapportant à ce type et portant un numéro d'ordre. Cette autorisation devrait porter pour chaque type les indications de tolérance, de fidélité se rapportant au type autorisé (plusieurs constructeurs pouvant présenter le même type s'il n'est pas breveté).

» Pour les détails de construction dont cette Commission aurait à tenir compte dans les décisions à intervenir, elle s'inspirerait avec fruit du projet de revision de l'Ordonnance royale du 16 juin 1839, présenté en avril 1901 par le ministère du Commerce et de l'Industrie aux Chambres syndicales et à un certain nombre de fabricants, ainsi que des travaux du Congrès national des fabricants et ajusteurs de 1908 et des six Mémoires publiés par la Chambre syndicale des fabricants de poids et mesures.

» 3° Il est interdit de vendre ou de faire usage pour le commerce d'un instrument de mesure s'il ne porte

(1) Rapport de M. Boyer-Guillon, ingénieur civil des Mines, chef de section au Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.

(2) Voir notamment *R. G. E.*, t. 1, p. 202, 322, 401, 603, 604, 607, 641, 655 et 721.

(1) Rapport de M. J. Conti, ingénieur conseil.

Digitized by Google

pas d'une manière apparente le nom de son constructeur et le numéro d'ordre de son autorisation.

» 4° A toute époque, des vérificateurs pourront procéder à une visite inopinée des appareils en service où qu'ils soient. En cas d'erreurs dépassant la tolérance déterminée à l'avance et portée sur la décision d'autorisation pour chaque type d'appareils, procès-verbal sera dressé et des poursuites pourront être exercées contre les constructeurs s'il est établi que l'appareil n'est pas conforme au type autorisé, ou contre le commerçant, s'il y a eu truquage de sa part. La responsabilité du constructeur n'ayant qu'une durée déterminée pour chaque type au point de vue de l'usure.

» 5° Pour les appareils qu'il est impossible de vérifier sur place, les vérificateurs pourront se présenter soit inopinément, soit à la demande des intéressés, remplacer momentanément l'appareil par un autre similaire et soumettre l'appareil emporté à un laboratoire d'essais spécialement outillé à cet effet. Ce laboratoire, ainsi que le siège des Sous-Commissions pourraient être installés rue Vieille-du-Temple dans les anciens locaux de l'Imprimerie Nationale.

» En ce qui concerne la vérification des poids du commerçant, le vérificateur pourrait procéder de la même façon, c'est-à-dire se présenter inopinément, déposer une série de poids provisoires et emporter les anciens pour les soumettre à la vérification. »

Appareils et instruments de précision (1).

L'industrie des appareils et instruments de précision est une des plus anciennes de notre pays, et des mieux adaptées à notre caractère national.

Examinant la période d'avant-guerre, le rapporteur montre, par les importations dans les pays étrangers, que nos transactions étaient stationnaires alors que celles de l'Allemagne augmentaient rapidement. Cependant au point de vue scientifique, nos savants et nos constructeurs conservaient la renommée que leur avait acquise leurs beaux travaux. D'autre part, au point de vue technique, l'industrie de la précision s'était améliorée par suite de plusieurs causes dont la création d'écoles, une organisation plus rationnelle des ateliers, etc. Aussi avant la guerre, sans être brillante, la situation de cette industrie était bonne au triple point de vue économique scientifique et technique, mais ne correspondait pas au rang qui aurait dû résulter de la suprématie scientifique de notre pays.

Passant à la période actuelle, le rapporteur estime que la situation est favorable, malgré les grandes difficultés qu'il a fallu surmonter et la complexité des problèmes de toute nature qu'il a fallu, sous l'aiguillon de la nécessité, solutionner rapidement.

Pour la période d'après-guerre, il faudra lutter énergiquement et le rapporteur examine comment il conviendra de s'organiser pour lutter : revision des tarifs douaniers et de la législation des brevets et marques de fabrique, groupement des industriels entre eux, recrutement de la main-d'œuvre et des ingénieurs spécialistes, etc.

« Pour remédier en partie au manque d'ingénieurs, dit le rapporteur, nous pourrons évidemment continuer à nous adresser aux élèves sortis des grandes écoles, Polytechnique et Centrale, École supérieure d'Électricité ; mais pour certaines branches de notre industrie, comme l'optique, des spécialistes deviendront nécessaires. Aussi, dès maintenant, notre Syndicat s'est-il intéressé dans ce but à la création, envisagée comme prochaine, d'un Institut d'optique.

» En ce qui concerne la main-d'œuvre, nous déplorons de plus en plus la pénurie croissante d'ouvriers habiles. Nous ne trouvons plus dans les jeunes générations les apprentis bien décidés à s'astreindre à un apprentissage sérieux et cette crise de l'apprentissage, générale pour toutes les industries, se fait surtout sentir dans nos ateliers. Le désir de gagner vite écarte de nos maisons beaucoup de jeunes ouvriers qui se dirigent de préférence vers d'autres industries ou maisons de commerce où le salaire est au début supérieur, mais moins élevé par la suite ; les parents eux-mêmes poussent bien souvent les enfants dans cette voie et sacrifient l'avenir au présent, en recherchant des salaires immédiats.

» Pour parer à cette crise, notre Syndicat a cherché à former des ouvriers en dehors des ateliers, en particulier à l'École d'Horlogerie et de Mécanique de précision de la rue Manin. Nous avons subventionné cette école, nous l'avons dotée d'outillage dans la mesure de nos moyens et nous souhaitons de nous voir aidés dans cette tâche difficile, aussi bien par un appui moral que par une contribution pécuniaire, tant des Pouvoirs publics que de nos organisations patronales.

» Cette école ne pouvant fournir qu'un nombre restreint d'ouvriers chaque année, nous considérons comme indispensable une revision des lois concernant l'apprentissage. »

Comme conclusion le rapporteur écrit :

« L'effort de l'industrie de précision, déjà si considérable dans la période des hostilités, devra être plus important encore dès la conclusion de la paix et exigera de la part de nos industriels, pour le développement de leurs affaires et de leur suprématie technique et commerciale, une volonté méthodique et soutenue. Pour arriver à supplanter nos rivaux étrangers, il faut sans rien perdre des qualités inhérentes à notre race, nous pénétrer de leurs méthodes, industrialiser le plus possible notre production, soit en nous groupant, soit en augmentant notablement et petit à petit l'importance de nos établissements, en perfectionnant notre outillage mécanique, en élargissant notre organisation commerciale par un choix judicieux de représentants à l'étranger et enfin en demandant à nos organisations professionnelles et au concours éclairé des pouvoirs publics, une main-d'œuvre disciplinée et docile suffisamment spécialisée et habile et surtout bien pénétrée du but à atteindre c'est-à-dire des difficultés de la tâche et accomplir dans l'intérêt commun des ouvriers et des patrons. »

(A suivre.)

(1) Rapport de M. L. Angel, ingénieur des Arts et Manufactures.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF : Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 16. — 20 AVRIL 1918.

Chronique. — Nécrologie : William Duddell (1872-1917). — Société internationale des Electriciens. — Bibliographie : L'électrochimie et l'électrométallurgie, par Albert LEVASSEUR. — Bibliographie : Précis de Radiodiagnostic, par F. JAUGEAS, p. 569-572.

Section scientifique et technique. — Calcul des résistances de décharge, par J. BETHENOD, p. 573. — Théorie des petites oscillations de l'arc chantant, par J.-B. POMEY, p. 574. — Revues, analyses et informations : Appareil en quartz pour la distillation continue du mercure dans le vide, p. 575 ; Théorie moléculaire des substances ferro-magnétiques, p. 576.

Section industrielle. — L'industrie des accumulateurs électriques dans son état actuel, par L. JUMAU, p. 577 ; Les altérations du charbon emmagasiné, p. 582. Revues, analyses et informations : L'empire allemand acquiert une grande usine motrice, p. 585. — Notes pratiques : Construction d'une grue pour extrémité de poteaux de transmission, p. 586.

Section économique et financière. — La formation de l'ingénieur-électricien aux Etats-Unis, par Étienne FLAGEY, p. 587. — Congrès général du Génie civil (*suite*), p. 591. — Assemblées générales : Société avignonnaise de l'Électricité, p. 597 ; Forges et Ateliers de la Longueville. p. 597 ; Société Nilmelior, p. 598 ; Société générale pour favoriser le développement du Commerce et de l'Industrie en France, p. 598.

Section de législation. — Un projet de loi sur les distributions d'énergie en Autriche, par G. TOCHON, p. 599. — Législation, jurisprudence, réglementation ; Loi portant autorisation du relèvement temporaire des tarifs sur les grands réseaux de chemins de fer d'intérêt général, p. 600.

Nécrologie : William Duddell (1872-1917). —

C'est avec une surprise attristée que les électriciens français, dont plusieurs étaient des amis de M. Duddell, dont beaucoup avaient eu l'occasion de l'entendre au Congrès franco-britannique de Paris, et qui tous connaissaient ses admirables travaux sur l'arc, ont appris la mort de leur savant et sympathique confrère, survenue le 4 novembre 1917. Son décès est attribué aux suites de l'excès de fatigues qu'il s'était volontairement imposées pour participer depuis 1914 aux recherches des diverses Sociétés et Comités britanniques scientifiques ; M. Duddell est ainsi une des victimes de la terrible guerre qui met en deuil l'humanité et en péril la civilisation libérale de l'Occident.

Après des études littéraires, poursuivies en partie en France, et un apprentissage dans l'industrie, M. Duddell avait été élève du « City and Guilds Central technical College », d'où il sortit avec deux bourses en 1896 et 1897. Il y fut l'élève du regretté professeur Ayrton et de M. Mather ; l'influence du premier, bien connu par ses travaux sur l'arc électrique continués par Mme Ayrton et par ses études sur les galvanomètres et les suspensions à fil plat, paraît avoir eu une heureuse influence sur l'orientation des travaux de M. Duddell.

Ayant étudié les mêmes sujets, j'ai pu apprécier à maintes reprises la valeur des contributions que ce dernier a apportées à nos connaissances.

Dès 1897, M. Duddell se fit connaître en présentant à l'Association britannique [1] une réalisation nouvelle et diverses dispositions accessoires de l'oscillographe bifilaire que j'avais décrit avec deux autres types en 1893 [2] et dont j'ai donné la justification mathématique *nécessaire* [3] ; il a contribué ainsi au succès de ce type un peu délicat, destiné au laboratoire plus qu'à l'usine.

L'oscillographe bifilaire serait cependant très inférieur à l'oscillographe à fer doux comme fréquence et comme précision, si un autre physicien anglais, le professeur Vernon-Boys n'avait indiqué en 1897 l'emploi de la lentille cylindrique qui a permis de réduire le miroir de l'équipage à des dimensions inférieures à 1 mm².

Le public anglais, qui ne connaissait pas les travaux antérieurs sur l'arc électrique à courants alternatifs, fut extraordinairement frappé en 1898 de l'étude oscillo-

(1) DUDDELL, « the oscillograh ». *Electrician*, 10 sept. 1897.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 6 mars 1893, p. 503, lignes 3 à 11.

M. Duddell a d'ailleurs reconnu loyalement en 1897 (Cf *The Electrician*, 10 septembre 1897, p. 637, col. 1, lignes 12-24 et col. 2, lignes 53-65), que son instrument était construit d'après ma description et répondait aux conditions que j'avais découvertes en 1893.

(3) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 10 avril 1893 et surtout *L'Eclairage électrique*, 1902, t. XXIII, p. 135, et t. XXIV, p. 326.

Digitized by Google

graphique de cet arc, présentées à l'Institution des ingénieurs électriciens anglais par M. Duddell, en collaboration avec le professeur W. Marchant (1). Dans cette belle communication, les auteurs confirmaient les résultats déjà connus (2), apportaient des tracés absolument réussis et plusieurs considérations nouvelles intéressantes ; ils commençaient également l'étude des arcs entre métal et charbon de Leroux et Maneuvrier, dont la théorie complète fut ensuite œuvre française (3).

Un second mémoire remarquable fut consacré par M. Duddell à l'étude des fluctuations de l'arc électrique et de la répartition de la résistance et de la force électromotrice de cet arc (4).

A propos de la résistance, il a vérifié sa répartition et la conductibilité additionnelle réalisée par les vapeurs sodées. A propos de la force électromotrice, il a cru avoir trouvé dans l'arc, contrairement aux travaux de Blondel et de Granqvist, une force électromotrice thermo-électrique ; l'avenir permettra de juger cette question encore controversée.

J'ai plaisir à rendre hommage à l'habileté et à l'admirable conscience de ces travaux auxquels M. Duddell n'a pas consacré moins de deux années de recherche continue et d'ingénieuse analyse rarement égalée.

C'est au cours de ces études sur l'arc que Duddell a fait enfin l'invention capitale et vraiment originale qui a illustré son nom, à juste titre, dans le monde entier, celle de l'*arc musical* (5). Il essayait de faire passer un courant de haute fréquence dans un arc, en mettant en dérivation sur celui-ci un circuit contenant une inductance et un condensateur, lorsqu'il s'aperçut que, dans ces conditions, l'arc lui-même devenait le siège d'oscillations spontanées. Il sut faire une analyse complète du phénomène (6) et réaliser, au moyen d'une série de circuits oscillants et d'interrupteurs à touche, un véritable instrument de musique, analogue à un piano, permettant de faire varier à volonté la fréquence propre de l'arc musical et de jouer l'hymne national anglais. Les auditoires furent enthousiasmés, à juste raison, de cette merveilleuse performance, et les physiciens ont tiré de ce phénomène de nombreuses études et applications.

Plus tard Duddell essaya d'appliquer l'arc musical à la production d'ondes hertziennes de haute fréquence; Elihu Thomson avait déjà antérieurement étudié cette application de l'arc à haute tension (brevet américain, 18 juillet 1892), mais c'est à Poulsen qu'était réservé le bonheur de découvrir la méthode pratiquement utilisable (arc plongé dans l'hydrogène ou dans un carbure d'hydrogène).

Duddell a joué le rôle d'ingénieur conseil auprès de différentes sociétés et a été ainsi conduit à présenter à l'Institution des Ingénieurs électriciens différentes communications sur la commande à distance des compteurs et des lampes d'éclairage public en 1912, sur les surtensions dues à la résonance, aux mises en circuit et aux arcs en 1913 ; déjà en 1908 il avait démontré devant la Société de Physique la production d'oscillations de haute fréquence, dans le secondaire d'un appareil d'induction, quand on coupe le circuit par un petit arc de dimensions microscopiques.

Il jouissait en Angleterre de la réputation d'un admirable conférencier, sachant accompagner ses conférences d'expériences toujours ingénieuses et bien réussies (1).

Une autre série de recherches dans laquelle Duddell fut entraîné par les circonstances ambiantes, fut relative à la télégraphie sans fil ; il avait réalisé, à propos de ses études sur l'arc électrique, un alternateur de faible puissance à haute fréquence (120 000 p : sec) ; cet alternateur analogue à celui d'Alexanderson ne paraît pas avoir eu d'applications industrielles, bien que des perfectionnements aient été apportés par Duddell en 1912 ; il avait réalisé aussi, en 1914, un condensateur à capacité variable proportionnelle au carré de l'angle d'un secteur mobile. On lui doit aussi un excellent étalon d'inductance.

Plus connue en France est la réalisation d'instruments de mesures spéciaux pour les courants alternatifs de haute fréquence : tout d'abord Duddell avait augmenté la sensibilité du galvanomètre thermique à spirales de Ayrton et Perry, en le transformant en galvanomètre à miroir, éventuellement enfermé dans une enceinte vidée. En 1905, il réalisa des sensibilités beaucoup plus grandes en transformant en thermo-galvanomètre (par l'addition d'une résistance chauffante sous la soudure thermo-électrique) l'admirable radiomicromètre de Vernon Boys (2) ; cet instrument a reçu de nombreuses applications dans tous les pays pour les mesures de précision des courants à haute fréquence. Duddell a réalisé aussi ultérieurement un modèle d'ampèremètre et de voltmètre industriels plus robuste, fondé sur le même principe.

C'est son thermo-galvanomètre de précision qui lui a

(1) Duddell et Marchant « Experiments on alternating current arcs by the aid of Oscillographs », *Proc. Inst. of elect. Eng.*, novembre 1898.

(2) Cf. A. Blondel, « Recherches sur l'arc à courant alternatif. » *La Lumière électrique*, 16, 23, 30 septembre 1893 ; études oscillographiques des courbes de l'arc à courant alternatif. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, décembre 1898.

(3) Cf. A. Blondel, « L'arc entre métaux et charbon ». *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 20 mars 1899 et *Revue générale des Sciences*, 30 juillet 1901.

(4) Duddell, « Rapid variations of the current throught the direct-current arc ». *Proc. Inst. Elect. Eng.* 1900.

« The resistance and electromotive force of the arc », *Proc. Royal Society*, 1904, t. 203, p. 305.

(5) Duddell. *Electrician*, 1900 t. xlvi, nos 8 et 9, ; *Proc. Roy. Soc.* 1901, lxviii, p. 517.

(6) Le phénomène de Duddell ne s'applique qu'à l'arc *musical continu* qu'il ne faut pas confondre avec les arcs chantants de Simon, découverts en 1898, (Wied Annalen, 64, p. 233), ni avec les arcs à interruptions périodiques discontinues (dits souvent arcs chantants de deuxième et troisième espèce) qui ont été étudiés par moi-même en 1905 (l'Ecl. Elect., p. 41-81), et par Barkhausen en 1907, Jahrb. d. drahtl. Telegraph, p. 234).

(1) Cf Duddel. *Royal Institution lectures* : How to improve telegraphy, 1906 ; High frequency currents, 1912 ; Modern Electricity, 1909, etc.

(2) Duddell. *Phil Mag.* (6), 1904, t. viii, p. 91 ; *Electrician*, 1905, t. lv, p. 260.

Digitized by Google

permis d'exécuter, en collaboration avec J. E. Taylor, en 1905, une importante série de mesures quantitatives sur la variation de l'intensité du courant dans une antenne réceptrice en fonction de la distance et de la hauteur des antennes (1); ces deux auteurs ont pu vérifier ainsi et étendre les résultats obtenus plusieurs années auparavant par notre regretté confrère le commandant Tissot, qui avait su le premier étudier les courants reçus dans les antennes au moyen du bolomètre, instrument notablement moins sensible que les thermo-galvanomètres.

Duddell avait perfectionné également certains détails de construction et d'enregistrement du galvanomètre Einthoven pour la réception des signaux de télégraphie sans fil.

Contrairement au proverbe, Duddell eut la satisfaction de recueillir de son vivant de nombreux honneurs même en son pays. Après avoir fait des recherches sur l'intensité des rayons X, il avait été nommé président de la Société anglaise Röntgen en 1907; il était membre de la Société Royale depuis 1912 et lauréat de la médaille Hughes. Il fut nommé président de l'Institution des Ingénieurs électriciens anglais la même année, et présida, en cette qualité, le Congrès franco-anglais des électriciens à Paris. Il fut président de la Commission internationale de télégraphie sans fil scientifique de Bruxelles en 1914 et conserva la présidence du Comité anglais de télégraphie sans fil jusqu'à sa mort.

Au cours de la guerre, il avait été nommé membre du Comité des inventions et recherches de l'Amirauté et du Comité de recherches scientifiques et industrielles, ainsi que d'autres Comités; on attribue à l'excès de fatigues causées par ces différentes collaborations sa fin prématurée; il avait été nommé à juste titre commandeur de l'Ordre de l'Empire anglais créé en 1917.

Duddell, dédaignant peut-être à l'excès les mathématiques, a été avant tout un physicien expérimentateur, connaissant à fond toutes les ressources de la méthode expérimentale; et son exemple doit être retenu dans notre pays (où l'on a, au contraire, un goût souvent excessif des mathématiques) pures pour démontrer que l'expérimentation reste le fondement de toutes les sciences physiques et le moyen le plus puissant de faire des découvertes dans leur domaine; c'est ainsi que Duddell verra certainement son nom survivre au siècle présent, grâce à l'invention de l'arc musical, tandis que bien des recherches remarquables de physique mathématique tomberont dans l'oubli quand elles seront démodées.

Sa mort prématurée, en pleine activité créatrice, est une grande perte pour la science et nous nous associons à nos alliés d'outre-Manche pour déplorer sincèrement la disparition de cet admirable savant.

A. Blondel,
De l'Académie des Sciences.

(1) Duddell and Taylor. Wireless Telegraphy, Measurements. *Proc. Inst Elec., Eng.* 1905.

Société internationale des Électriciens. — Séance mensuelle du 4 avril 1918. — Cette séance fut consacrée à une communication de sir R. Hadfield et MM. C. Cheneveau et Ch. Géneau présentée par M. C. Cheneveau et ayant pour titre : « Contribution à l'étude des propriétés magnétiques du manganèse et de quelques aciers spéciaux au manganèse ».

La difficulté de cette étude résidait surtout dans la mesure de coefficients très petits, la perméabilité à déterminer étant voisine de 1. Le but de recherches effectuées par les auteurs était de déterminer la susceptibilité massique (coefficient d'aimantation) des aciers au manganèse.

L'appareil employé pour ces essais était celui imaginé par MM. Curie et Cheneveau, qui permet une lecture précise sur une échelle graduée au moyen de la méthode Poggendorf. La difficulté principale consistait à trouver un tube de verre ne présentant pas de propriétés magnétiques. L'étalon employé était du SO^4 Co anhydre, de susceptibilité magnétique 38.10^{-6}, étudié par M. Weiss. Le champ magnétique était produit par deux aimants permettant d'obtenir par leurs positions toutes les valeurs voulues pour le champ. L'influence de la variation de la température du laboratoire était presque négligeable, l'erreur relative atteignant au maximum la valeur de 5 pour 100. Sir R. Hadfield a étudié des échantillons de manganèse fournis par M. Weiss Un échantillon de manganèse en poudre obtenu par réduction dans l'hydrogène était paramagnétique et la susceptibilité trouvée était de 11.10^{-6}, nombre correspondant bien avec la théorie du magnéton de M. Weiss. Un échantillon de manganèse fondu était ferromagnétique, mais si on le traitait chimiquement pour le désoxyder et le chauffait pour chasser les gaz contenus, il perdait son aimantation et donnait des résultats semblables à ceux obtenus avec le manganèse en poudre. Ce serait donc le gaz hydrogène qui formerait une sorte d'acier avec le manganèse et lui donnerait ses propriétés magnétiques, ceci est très important, car la quantité de gaz contenu dans un métal peut modifier considérablement ses propiétés magnétiques. Les auteurs ont étudié ensuite les aciers au manganèse. La difficulté consistait à obtenir des échantillons comparables à eux-mêmes, car leurs surfaces peuvent contenir du fer ou autres corps qui modifient complètement les résultats, on y remédia en traitant les échantillons pendant un temps assez long par HCl, au bout d'un certain temps de ce traitement les résultats sont constants. M. Cheneveau projeta plusieurs courbes montrant ces résultats. Pour d'autres métaux que l'acier, il est souvent excessivement difficile de se débarrasser du fer. Les auteurs étudièrent l'influence des dimensions des échantillons, il y a sensiblement proportionnalité. L'étude des aciers en poudre est presque impossible, car on ne peut se débarrasser complètement du fer. Les chiffres obtenus par les auteurs pour la susceptibilité des aciers au manganèse ont varié entre 17.10^{-6} et 250.10^{-6}. Les aciers étudiés se sont montrés paramagnétiques. Le coefficient d'aimantation était peu influencé par la teneur en manganèse, mais augmentait rapidement avec la teneur en carbone, le coefficient d'aimantation est d'autant plus petit que le rapport du carbone au manganèse est plus grand.

Les auteurs ont étudié également l'influence d'autres métaux contenus dans les aciers au manganèse : Ni, Tu, Cr, Cu, ces métaux augmentent la susceptibilité de l'acier et il est curieux de constater que l'addition d'un corps diamagnétique augmente le magnétisme. Ils ont aussi constaté que, pour un acier trempé, plus la température de trempe est basse, plus le coefficient d'aimantation est élevé. Enfin, ils ont étudié les aciers au manganèse et au silicium; un acier

Digitized by Google

à 6 pour 100 de Si n'est pas paramagnétique, mais si on le chauffe, on obtient un corps paramagnétique. Nous reviendrons plus tard sur l'intéressante communication de sir R. Hadfield et de MM. Cheneveau et Ch. Géneau.

Bibliographie : L'électrochimie et l'électrométallurgie, par Albert Levasseur, ingénieur civil A. et M., professeur d'électrochimie et d'électrométallurgie à l'Ecole d'électricité et de mécanique industrielles de Paris et à l'Ecole Bréguet, professeur de chimie du cours de Centrale à l'école Duvigneau de Lanneau (1). — Aux partisans de la spécialisation prématurée des étudiants nous livrons ces réflexions de l'auteur dont l'enseignement s'adresse exclusivement à de futurs praticiens. « Nous avons donné ici une place prépondérante aux théories scientifiques fondamentales et aux directives générales d'application industrielle, faisant ainsi passer au second plan l'étude spéciale des diverses fabrications. Nous estimons en effet que l'enseignement technique doit apporter autre chose qu'un amas de faits particuliers et que son rôle capital est de fournir aux étudiants des méthodes leur permettant de résoudre, dans les meilleures conditions, les problèmes scientifiques pratiques qui dans l'industrie se posent couramment à l'ingénieur. »

En conséquence, l'excellent ouvrage que nous présentons à nos lecteurs contient en réalité deux parties développées à peu près également : la théorie des ions et l'électrolyse, l'électrochimie et l'électrométallurgie industrielles. Aucun fait nouveau n'ayant nécessité une modification de nos idées actuelles sur l'interprétation des phénomènes de l'électrolyse, M. Levasseur a adopté, pour son cours, le plan devenu classique du traité de M. Hollard. Après avoir rappelé quelques notions de thermodynamique, de physicochimie, etc , qui pourraient faire défaut à son auditoire spécial, il expose la dissociation électrolytique, les lois de Faraday, la migration des ions, la conductibilité des électrolytes, la thermodynamique des piles, la théorie de Nernst, la mesure des forces électromotrices de contact et termine, dans le chapitre VII, par la décomposition électrolytique et la polarisation.

L'électrochimie et l'électrométallurgie comprennent un exemple typique de toutes les opérations qui intéressent ces industries, avec des développements théoriques et techniques suffisants pour en faire saisir toutes les réactions. L'auteur expose aussi successivement les industries des alcalis et du chlore, des hypochlorites, des chlorates et des perchlorates, l'affinage électrolytique du cuivre, les fours électriques, la fabrication des électrodes, l'électrolyse ignée en prenant comme exemple la préparation de l'aluminium ; il donne ensuite une théorie complète des réactions qui permettent de fabriquer de l'acide azotique en partant de la combustion électrothermique de l'azote de l'air, question qui a pris, de nos jours, une importance capitale ainsi que la fabrication du carbure de calcium, l'électrosidérurgie et les applications de l'effluve électrique à la chimie, notamment pour l'obtention de l'ozone. Dans un appendice, il expose sa conception sur l'organisation scientifique des usines d'électrochimie et d'électrométallurgie.

La rédaction et le plan de ce traité présentent toutes les qualités qui en rendent la lecture facile ; les définitions surtout, qui sont à la fois si nombreuses et si délicates en électrolyse, ne laissent subsister aucun doute dans l'esprit et ne prêtent à aucune confusion. Le livre de M. Levasseur s'adresse donc à tous ceux, ingénieurs, professeurs et élèves qui s'occupent de ces applications spéciales de l'électricité. B. C.

(1) Un vol., format 23 cm × 14 cm, 261 pages, 44 figures. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, 47 et 49, quai des Grands-Augustins, Paris, prix broché, 9,90 fr.

Bibliographie : Précis de Radiodiagnostic, par F. Jaugeas, chef du laboratoire de radiologie du Dr Béclère (1). — Dans la préface de la première édition de cet ouvrage, le Dr Béclère écrivait : « Le titre modeste de son livre indique que l'auteur n'a pas eu la prétention d'écrire un traité complet. Ce n'en sera pas moins la meilleure source de renseignements pour les praticiens qui, sans manier eux-mêmes les rayons de Rœntgen, sont désireux de connaître toutes les ressources du radiodiagnostic et d'en faire, quand besoin est, bénéficier leurs malades. Ce sera le meilleur guide pour les étudiants et docteurs en médecine désireux de s'initier à la théorie, à la technique et à la pratique de l'exploration radiologique. Je crois enfin que les radiologistes, même expérimentés, trouveront quelque profit à sa lecture et de tout cœur je lui souhaite le succès qu'il mérite. »

Ce souhait du Dr Béclère a été exaucé : la première édition a été rapidement épuisée et les éditeurs ont dû, malgré les difficultés que l'on rencontre à se procurer du papier, en tirer une seconde édition. L'auteur en a profité pour remanier profondément plusieurs chapitres de son ouvrage et y faire entrer les nombreux enseignements résultant de l'application intensive qui a été faite de la radiologie pendant la guerre. Aussi n'est-il pas douteux que cette nouvelle édition rencontrera le même accueil que la première.

L'ouvrage est divisé en trois parties. La première, qui intéresse autant le physicien que le médecin, est consacrée à l'*Instrumentation*. Le lecteur y trouvera une étude de la décharge électrique dans les gaz, de la production et des propriétés des rayons cathodiques et des rayons X ainsi que quelques notions sur le courant électrique. Puis, entrant dans le domaine de la radiologie, il se rendra compte du fonctionnement et du réglage des tubes à rayons X, des divers types d'ampoules utilisés, des appareils d'alimentation, des divers modes d'installations suivant que l'on dispose de courant continu ou de courant alternatif, que l'on veut alimenter des appareils à grande puissance ou enfin que l'on a besoin d'une installation transportable. La description des appareils auxiliaires, châssis, porte-ampoule, table, fauteuil, etc., et des moyens de protection, cupules, paravents, gants, tabliers, lunettes, termine cette première partie.

La seconde partie s'occupe de la *Technique du radiodiagnostic et son application à l'homme normal*. Elle comprend deux chapitres, le premier consacré à la technique générale de la radioscopie et de la radiographie, le second à la technique spéciale de l'exploration de certaines parties de l'organisme humain.

Dans la troisième partie, l'auteur traite : *Le radiodiagnostic en clinique* ; il y passe en revue, à un point de vue essentiellement pratique, organe par organe, affection par affection, toutes les déformations et les troubles dévoilés par les rayons X.

(1) Un vol, format 23 cm × 16 cm, t, XXVIII, 550 pages, 320 fig. dans le texte et 63 planches hors texte. Masson et Cie, éditeurs, Prix : broché, 20 fr, relié 24 fr (majoration provisoire de 10 pour 100 sur ces prix).

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Calcul des résistances de décharge

A propos d'une étude récente de M. P. Girault parue dans la « R. G. E. », l'auteur nous adresse la note suivante où il traite brièvement le cas d'une rupture de circuit non instantanée.

L'intéressant article de M. P. Girault paru ici sous le titre ci-dessus (1) me remet en mémoire un petit calcul auquel je me suis livré à propos d'un problème analogue. Considérons un appareil A possédant une auto-inductance L et parcouru par un courant initial I_0; en série avec cet appareil est monté un interrupteur *aux bornes duquel est branchée une résistance r*. Il s'agit de déterminer la loi de variation de la tension v à laquelle est soumis cet interrupteur, pendant la période de coupure *finie T*. Si E est la force électromotrice de la source, l'on peut écrire de suite pendant le régime *variable*

$$(1) \qquad \begin{cases} E = L\dfrac{dI}{dt} + v, \\ v = ri, \end{cases}$$

i étant le courant dans la résistance r, la chute ohmique dans l'appareil A étant supposée négligeable pendant le régime en question. Pour résoudre le problème, il reste à trouver une relation entre v et le courant $I - i$ qui passe dans l'interrupteur, cette relation devant contenir, d'ailleurs, la variable indépendante t.

Ici, il est nécessaire de faire une hypothèse si l'on ne veut pas, a priori, supposer comme M. Girault que la coupure est *instantanée*. Nous admettons comme loi de variation

$$(2) \qquad I - i = \frac{vS\,(T-t)}{\rho T},$$

qui est justement celle adoptée par M. Girault dans sa classique étude sur la commutation (2), S étant la surface de contact à l'interrupteur au temps $t = 0$, et ρ la résistivité superficielle de ce contact.

En d'autres termes, l'on admettra dans ce qui suit, d'après (2), qu'avec l'interrupteur envisagé les surfaces du contact glissent simplement l'une par rapport à l'autre, avec une vitesse constante, pour opérer la rupture, et que la résistance dudit contact est ainsi inversement proportionnelle à sa surface (au moins tant qu'il n'y a pas production d'arc).

(1) *R. G. E.*, 19 janvier 1918, t. III, p. 102-103.
(2) Voir *Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, 4 mai 1898, t. XV, p. 183.

Les équations (1) et (2) aboutissent immédiatement à l'équation

$$(3) \qquad E = v\left(1 - \frac{LS}{T\rho}\right) + \frac{dv}{dt}\left(S\frac{T-t}{T} + \sigma\right)\frac{L}{\rho},$$

en posant

$$\sigma = \frac{\rho}{r}.$$

L'équation (3) s'intègre facilement en

$$(4) \qquad E - \left(1 - \frac{LS}{T\rho}\right)v = \left[E - \left(1 - \frac{LS}{T\rho}\right)v_0\right]\left(\frac{\theta}{\theta - t}\right)^{-\frac{\rho T - LS}{LS}},$$

avec

$$\theta = T\frac{S+\sigma}{S} \quad (v_0 \text{ est la tension au temps } t = 0).$$

La tension v_T limite au temps $t = T$ demeure finie, si $\sigma > 0$. Dans le cas contraire, elle est toujours infinie si $LS > \rho T$; on retombe alors sur le cas traité par M. Girault (loc. cit.) à propos de la commutation.

D'ailleurs, la tension initiale v_0 est telle que

$$(5) \qquad v_0 = r\left(I_0 - S\frac{v_0}{\rho}\right) \text{ (deuxième loi de Kirchhoff)},$$

et les égalités (4) et (5) permettent de connaître v à chaque instant t. On peut ainsi calculer aisément la *surtension* aux bornes de l'interrupteur, sans être obligé de supposer, comme l'a fait M. Girault, que la rupture est instantanée.

Lorsque T tend vers 0, la tension limite pour $t = T$ tend d'ailleurs, d'après (4), vers

$$v_T = v_0\frac{S+\sigma}{\sigma},$$

ou, en tenant compte de (5),

$$v_T = I_0 r,$$

valeur qui pouvait être prévue a priori.

Digitized by Google

Le cas traité par M. Girault comporte évidemment une analyse tout à fait conforme à celle que nous avons exposée brièvement ci-dessus, et cette analyse, dans le cas limite d'une rupture instantanée ($T = 0$), conduirait à la formule établie directement par M. Girault pour la surtension.

En terminant, nous nous permettrons de signaler que le calcul ci-dessus peut servir de guide dans le calcul de certains rhéostats d'excitation à plots, de ceux destinés notamment au réglage des très puissantes génératrices employées dans les installations électriques de laminoirs réversibles surtout où la vitesse de manœuvre et l'auto-inductance des enroulements sont considérables (1).

J. Bethenod.

Théorie des petites oscillations de l'arc chantant

L'auteur de la note ci-dessous reprend la théorie des petites oscillations de l'arc chantant et montre comment l'amplitude du courant oscillatoire dépend de la forme de la caractéristique.

De nombreux auteurs ont montré que le phénomène bien connu de l'arc chantant exigeait que la caractéristique de l'arc fût une courbe tombante.

Je me propose de montrer ici comment l'amplitude du

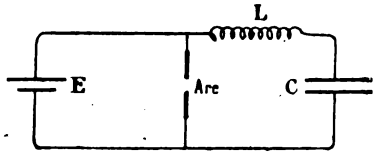


Fig. 1.

courant oscillatoire dépend de la courbure de la caractéristique. Je crois que ce point est nouveau, bien qu'il soit très simple.

On voit tout d'abord que le régime théoriquement

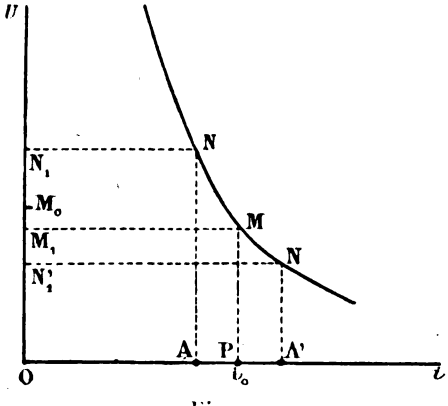


Fig. 2.

possible d'un courant constant dans l'arc est instable parce que si le courant subit un accroissement accidentel, la diminution de résistance qui en résulte concourt à augmenter encore la variation ; de même la diminution accidentelle du courant entraîne une augmentation de résistance qui tend à diminuer encore plus le courant.

Cela posé, supposons que l'arc chantant prenne son régime ; soit i_0 le courant constant auquel vient se superposer un courant variable i, soit $OP = i_0$. Le courant résultant de la superposition de i_0 et de i oscillera entre OA et OA' et l'on aura $PA = PA'$.

Le point figuratif oscillera entre N et N', qui correspondent aux tensions ON_1 et ON'_1, dont la valeur moyenne est OM_0, le point M_0 venant se placer au-dessus du point M_1 projection de M sur l'axe des tensions.

Or la tension moyenne OM_0 est évidemment celle de la source de courant continu et la tension

$$\delta V = M_1M_0,$$

fournit une puissance

$$\delta V \times i_0,$$

qui est évidemment utilisée à la production des oscillations, la tension OM_1 correspondant au courant constant i_0.

Si i_{eff} est la valeur efficace du courant oscillatoire, il se produit une dissipation d'énergie calorifique égale à

$$i_{eff}^2 r,$$

(1) De la même manière, l'on pourrait traiter les cas où la loi de variation (2) est remplacée par une autre loi, en $(T - t)^m$ par exemple. Dans un tel cas il existe, ainsi que je l'ai démontré jadis, une condition *suffisante* pour que la tension v_T demeure finie, même si $\sigma = 0$ (Voir *La Lumière électrique*, 18 juillet 1908, t. III, 2e série, p. 67).

Contrairement à ce que j'avais cru primitivement, après Poincaré, cette même condition n'est pas nécessaire théoriquement, comme il résulte clairement de l'étude sur « La Commutation » de M. Latour (Voir *Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, 6 avril 1910, t. x, 2e sér., p. 265).

Digitized by Google

r étant la résistance du circuit oscillant, et l'on a

$$r i_{eff}^2 = \delta V \times i_0.$$

Or δV serait nul, si la courbure de la caractéristique était nulle et de même δV serait encore nul s'il n'y avait pas de courant oscillatoire ; on peut donc poser

$$\delta V = k \rho i_{eff},$$

en appelant k un coefficient de proportionnalité et ρ la courbure ; donc, s'il y a équilibre, on doit avoir

$$k \rho i_{eff} i_0 = r i_{eff}^2.$$

D'où

$$(1) \qquad i_{eff} = \frac{k \rho i_0}{r}.$$

Dans cette formule i_0 dépend de i_{eff} et on peut en dire autant de ρ et de r ; mais si i_{eff} n'est pas très considérable, on peut, en première approximation, confondre i_0 avec le courant qui serait obtenu pour $i_{eff} = 0$; de même pour ρ et pour r, on aurait des développements en série qu'on peut limiter au premier terme si le courant oscillatoire est petit, et la formule (1) donnera en première approximation la valeur de l'intensité efficace du courant oscillatoire chantant.

Quant à sa période, il est clair qu'elle sera la période propre du circuit dans lequel l'oscillation se produit, puisque ce circuit n'est sollicité par aucune force électromotrice périodique dont il doive suivre le régime forcé.

Il n'en serait pas de même si la résistance r, au lieu d'être sensiblement constante, était une fonction discontinue comme dans le cas de l'arc Poulsen.

Lieutenant-Colonel J.-B. POMEY,
Ingénieur en chef des Télégraphes.

Revues, analyses et informations

Appareil en quartz pour la distillation continue du mercure dans le vide (1).

Il existe beaucoup d'excellents appareils en verre à chauffage électrique pour la distillation du mercure dans le vide ; ils ont cependant un défaut commun, c'est de s'écraser sous l'effet de la pression atmosphérique, dès qu'ils sont un peu surchauffés ; cet accident est presque toujours consécutif à une surélévation de tension sur le réseau qui alimente la résistance calorifique. Les auteurs ont remplacé le verre par du quartz fondu ou verre de quartz et ont établi un appareil qui fonctionne depuis plusieurs années sans incident. Les électriciens ont sans cesse besoin de mercure très pur pour la confection des piles étalons, en particulier ; les renseignements suivants leur seront donc d'une certaine utilité.

1. DESCRIPTION DE L'APPAREIL. — Les détails de construction sont indiqués en figure 1. La chambre de distillation D a un diamètre intérieur de 30 mm et une longueur de 110 mm ; le diamètre intérieur du condenseur C est de 13 mm ; le diamètre extérieur, de 15 mm. Ces deux parties sont constituées par de la silice semi-transparente à très faible coefficient de dilatation, mais les tubes capillaires A et B sont en quartz clair de façon à permettre le contrôle de la marche de la condensation et du degré de vide.

En V l'appareil est relié à une pompe capable de donner un vide d'au moins 1 cm de mercure. Le joint est fait avec du mastic de Khotinsky et exposé d'une façon permanente à un courant d'air, autant que cela est possible.

La longueur des tubes fins est au moins telle que, à la pression atmosphérique ordinaire, le niveau du mercure monte à peu près jusqu'à la moitié de la chambre de distillation ; elle est de 720 mm pour A et 820 mm pour B. Les diamètres intérieurs sont de 3 mm dans l'appareil des auteurs, mais 5 mm seraient préférables.

2. RÉSISTANCE DE CHAUFFAGE. — Elle est constituée par un enroulement capable d'être relié directement au circuit à

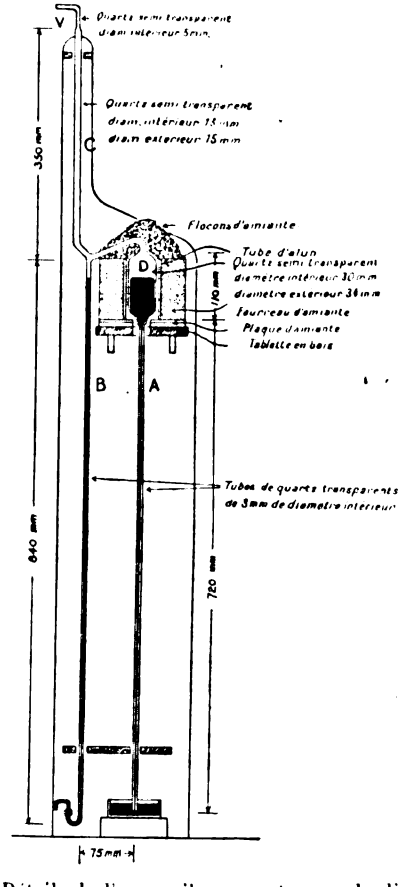


Fig. 1. — Détails de l'appareil en quartz pour la distillation continue du mercure dans le vide.

(1) J.-C. HOSTETTER et R.-B. SOSMAN. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 4 janvier 1918, t. VIII, p. 11-15, 1 fig.

Digitized by Google

110 v (continu ou alternatif) sans résistance de protection. L'énergie absorbée est d'environ 60 w. Étant donnée la température relativement basse nécessaire à la distillation du mercure, il y a beaucoup de modèles de résistance de chauffage qui peuvent être employés avec sécurité; par exemple, il suffira de bobiner le fil sur un tube métallique préalablement recouvert d'une couche d'amiante. Les auteurs disposaient d'un tube d'alun de 38 mm de diamètre intérieur, 114 mm de longueur sur lequel ils avaient placé directement leur fil de nichrome ; celui-ci a 0,25 mm de diamètre et 7,3 m de longueur répartie sur 50 spires. La résistance est de 160 ohms à froid et 200 ohms à chaud ; l'intensité du courant est environ de 0,6 A.

La bobine repose sur un épais disque d'amiante; en hauteur, elle est protégée par un fourreau en amiante également et, sur le tube de dégagement, on répand une bonne couche de flocons d'amiante, sans les tasser.

3. Traitement préalable du mercure. — Cet appareil n'est prévu que pour la distillation finale de mercure déjà débarrassé de ses plus grosses impuretés par des traitements antérieurs. Les différents procédés employés pour la purification rapide du mercure sont : 1° le procédé Lothar Meyer perfectionné par Hildebrand et Desha et qui consiste à faire passer le mercure en filet très mince à travers une longue colonne d'acide azotique étendu ; 2° le procédé électrolytique qui consiste à prendre le mercure comme anode dans un bain d'acide azotique ; 3° le barbotage d'air dans la masse de mercure légèrement chauffée ; 4° le procédé Hulett et Minchin qui consiste en une première distillation du mercure avec soufflage d'air. Les trois premières méthodes ont été fondues en une méthode unique automatique par H.-E. Platten et G.-H. Mains.

Une mention spéciale doit être réservée au procédé Henry Leffman qui est très simple et d'une efficacité étonnante; l'élimination du mercure contaminé s'opère par agitation avec du sucre de canne. Après ce traitement et après filtrage à travers un trou très fin, le mercure devient extraordinairement brillant.

Sans ces précautions, le tube A risque de se boucher par l'accumulation des métaux étrangers qui se déposent pendant la distillation du mercure. Tout traitement humide doit être suivi d'un barbotage d'air de plusieurs heures afin de bien sécher le mercure avant de l'introduire dans l'appareil à distillation.

Le mercure distillé est encore filtré à travers un trou fin pratiqué dans du papier à filtre pour arrêter la pellicule d'oxyde qui se forme sous l'action de l'air resté dans l'appareil et c'est alors seulement qu'il peut être employé comme produit raisonnablement pur.

Le débit de l'appareil est de 400 cm³ en 24 heures, quand on travaille avec un vide de 1 cm de mercure.

B. C.

Théorie moléculaire des substances ferro-magnétiques (1).

D'après la théorie du magnétisme d'Ampère-Weber, toutes les molécules d'une substance ferro-magnétique sont de petits aimants dont les axes occupent toutes les directions possibles quand la substance n'est pas aimantée. Ces molécules sont supposées exercer l'une sur l'autre une force directrice. Sous l'action d'un champ extérieur les molécules tendent à s'orienter suivant la direction du champ, malgré les forces d'action mutuelles.

La théorie a été perfectionné par J.-A. Ewing qui a fait entrer en ligne de compte la force magnétique due aux molécules voisines. Il a supposé que les aimants moléculaires, dans chaque cristal microscopique, sont disposés suivant un réseau cubique, correspondant au système cristallin du fer qui appartient au système cubique. Dans chaque cristal élémentaire, tous les aimants prennent naturellement une des trois orientations d'équilibre stable parallèles aux côtés du réseau; mais, comme les directions des axes des cristaux sont distribuées uniformément dans toutes les directions, leur action résultante extérieure est nulle. Si l'on fait agir un champ externe sur la substance, tous les aimants élémentaires de chaque cristal tendront à orienter leurs axes dans la direction du champ, mais cette orientation est contrariée par les réactions mutuelles qui tendent à ramener les aimants vers leurs positions stables primitives. Par l'accroissement du champ, les molécules s'orienteront de plus en plus dans la direction du champ et, par suite, l'intensité d'aimantation augmentera, en tendant vers une valeur asymptotique. Bien que la théorie soit très simple, elle explique d'une manière satisfaisante un grand nombre de faits, qualitativement tout au moins.

R. Gans a essayé de développer mathématiquement l'hypothèse précédente. Mais sa théorie diffère essentiellement de celle d'Ewing en ce qu'elle considère la distribution des aimants moléculaires dans la substance comme tout à fait arbitraire et l'action magnétique qu'exercent sur chaque molécule les molécules voisines comme constante. Dans le modèle d'Ewing, l'action mutuelle n'est pas constante, mais dépend de l'angle de rotation des molécules. En fait, les conclusions tirées de la théorie de Gans ne s'accordent qu'approximativement avec les faits observés. A partir de la théorie du magnétisme édifiée par Langevin pour les gaz paramagnétiques, P. Weiss a développé une théorie du ferro-magnétisme en introduisant l'hypothèse que chaque molécule d'une substance ferro-magnétique, même en dehors de tout champ externe, est soumise à l'action d'un champ moléculaire uniforme d'une intensité énorme, atteignant 10 millions de gauss.

Il est cependant très difficile, pensent les auteurs du travail que nous analysons, de concevoir l'origine d'un tel champ moléculaire, ainsi que d'expliquer, dans la théorie de Weiss, le fait fondamental du magnétisme induit. On sait que les éléments ferro-magnétiques peuvent être aimantés, au moyen d'un champ d'une centaine de gauss seulement, jusqu'à 70 ou 80 pour 100 de la saturation. Si un champ moléculaire, d'une intensité aussi forte que le suppose la théorie, agissait sur chaque molécule, il serait difficile de concevoir une aimantation aussi aisée de la substance, dans une direction quelconque. Et les auteurs pensent que l'existence d'un champ moléculaire ne doit pas correspondre aux faits. Ils donnent, dans leur mémoire, une théorie mathématique de l'hypothèse d'Ewing sous la forme même indiquée par celui-ci et ils montrent que les conclusions auxquelles on aboutit s'accordent avec les faits réellement observés.

A. B.

(1) Kôtarô Honda et Junzô Okubo. *Physical Review*, décembre 1917, 2e série, t. x, p. 705-742, 14 400 mots, 30 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

L'industrie des accumulateurs électriques dans son état actuel

Dans cet article, suite de ceux qui ont été publiés, 4 août et 6 octobre 1917, t. II, p. 165 et 523, l'auteur indique les principaux procédés de fabrication des électrodes de l'accumulateur au plomb ainsi que les différents modes de montage couramment employés. Il résume ensuite les résultats que l'on peut obtenir avec l'accumulateur au point de vue des capacités et énergies et à celui de la durée des électrodes. Il envisage spécialement à ce sujet les éléments stationnaires et les éléments transportables.

Fabrication des électrodes de l'accumulateur au plomb. — En ce qui concerne la fabrication des électrodes, l'évolution de ces dernières années a été une grande simplification dans la variété des formes des plaques. Les efforts des chercheurs s'étaient très longtemps portés principalement sur la question de formes, beaucoup d'entre eux voyant là seulement le progrès possible. En réalité, les questions de formes ont beaucoup moins d'importance que celles de constitution des matières actives.

Ceci ne veut pas dire que le support ou la grille doivent être quelconques ; il faut les calculer rationnellement de manière à assurer la conductibilité et la solidité mécanique jusqu'à la mise hors de service de la plaque, de manière aussi à éviter les déformations nuisibles (allongement, gauchissement) et susceptibles de provoquer des dérivations ou courts-circuits intérieurs.

Les plaques positives et les plaques négatives ont, ainsi que nous l'avons vu, des propriétés nettement différentes que les études entreprises pendant ces dernières années avec les électrodes auxiliaires ont permis de mieux discerner. Aussi, des principes tout à fait différents président-ils à leur construction.

Les plaques positives se fabriquent toujours suivant les trois types connus : plaques à grande surface, plaques mixtes et plaques à oxyde rapporté.

Les premières, réservées principalement aux éléments stationnaires sont construites en plomb pur. Comportant de fines nervures actives perpendiculaires au plan de la plaque et donnant ainsi une surface très développée, elles sont obtenues le plus souvent par coulée, mais quelquefois aussi par travail mécanique (passage à la filière de plomb chauffé, rabotage, laminage, fraisage, etc.). Ce type n'est intéressant que lorsqu'on ne doit demander à la plaque qu'une faible capacité massique. On peut alors donner aux nervures actives une épaisseur relativement grande et obtenir une longue durée. Pour avoir avec ce type de plaque une capacité massique élevée, on est conduit à diminuer tellement l'épaisseur des nervures actives que la plaque ne possède plus qu'une durée insuffisante et inférieure à celle de la plaque à oxyde rapporté de même capacité massique.

Dans les positives stationnaires à grande surface, on ne dépasse guère un développement de surface (rapport entre la surface active, réelle et la surface apparente), c'est-à-dire le double produit de la hauteur par la largeur, égal à 10, de même qu'on ne descend guère au-dessous de l'épaisseur moyenne de 0,5 mm pour les nervures actives.

On sait que la peroxydation progressive du plomb produit des efforts qui se traduisent par une dilatation progressive de la plaque. Cette dilatation est surtout importante dans le sens des nervures actives puisque c'est dans ce sens que la résultante de tous les efforts d'allongement est la plus grande et que la résistance mécanique est la plus faible, étant donnée la petite épaisseur des nervures actives.

Pour cette raison, les nervures actives des plaques à grande surface pour éléments à poste fixe sont de préférence disposées dans le sens vertical. C'est en effet dans ce sens que l'allongement occasionne le moins d'inconvénients puisque les plaques, étant suspendues par leur partie supérieure, ont toute liberté pour s'allonger vers le bas dans l'intervalle ménagé entre la partie inférieure des plaques et le fond du bac pour le logement de la matière active tombant des plaques positives.

Lorsque les nervures actives sont disposées dans le sens horizontal, il est indispensable de prévoir un jeu suffisant pour leur dilatation. Autrement la positive, en venant forcer à l'intérieur du bac, se gauchirait et provoquerait la déformation ou la rupture de celui-ci.

Indépendamment des nervures actives (c'est-à-dire celles qui donnent le développement de surface) dont l'épaisseur moyenne est calculée en vue d'une durée déterminée, la plaque positive à grande surface doit comporter un cadre, des nervures de renforcement de plus grande section que les nervures actives et disposées en général perpendiculairement, et souvent aussi une âme. Ainsi construite, la plaque garde une résistance mécanique et une conductibilité électrique convenables jusqu'à usure complète du plomb des nervures actives.

Celles-ci peuvent être faites de section rectangulaire ; mais lorsque la plaque est obtenue par coulée, la

Digitized by Google

dépouille oblige à donner une section trapézoïdale avec deux bases très légèrement différentes, la petite étant située à la surface de la plaque et la grande à l'âme. Cette forme a d'ailleurs l'avantage d'éviter la chute de parties entières de nervures dans le cas accidentel où la peroxydation se ferait plus active en un point voisin de l'âme.

Dans tous les cas, il est facile de voir que la surface totale active va en diminuant au fur et à mesure de l'usure des nervures actives. Ceci devrait entraîner une diminution de la capacité de la positive. En réalité il n'en est pas ainsi parce que l'épaisseur de matière active croît pendant le fonctionnement. La diminution de surface est donc compensée par une augmentation d'épaisseur et le plus souvent de poids total de matière active.

La plaque neuve étant en général relativement peu formée, la capacité de la plaque va en croissant dans le début du fonctionnement et ne baisse notablement qu'après usure presque complète des nervures actives.

Si, dès le début, la plaque était livrée trop profondément formée, non seulement la durée utile de la positive en serait réduite, mais encore il pourrait survenir au début du fonctionnement une baisse de capacité par chute plus rapide de matière active, la capacité remontant ensuite.

Le procédé Planté est de moins en moins employé pour la formation des positives à grande surface. Les procédés de formation électrochimique donnent en effet d'excellents résultats lorsqu'ils sont bien conduits et cela beaucoup plus rapidement et économiquement que le procédé Planté par charges et décharges successives. Les procédés électrochimiques consistent, ainsi qu'il est connu, à introduire dans l'électrolyte de formation, à côté d'une quantité déterminée d'acide sulfurique, de très petites quantités de sels dont les anions sont le plus souvent susceptibles de former avec le plomb des sels plus solubles que le sulfate de plomb, par exemple des chlorures, chlorates, perchlorates, nitrates, etc. Dans ces conditions, par une simple charge des plaques en positives, on envoie en solution beaucoup plus d'ions-plomb, c'est-à-dire qu'on attaque le plomb plus profondément qu'avec l'acide sulfurique seul. Comme les ions $\overline{SO}^4$ prédominent, on produit finalement une couche suffisamment épaisse de sulfate de plomb que le courant transforme en peroxyde de plomb.

Ces procédés sont délicats et, pour les appliquer en toute sûreté, le constructeur doit connaître l'influence des principaux facteurs : proportions relatives du sel ajouté et de l'acide sulfurique, densité de courant, quantité d'électricité chargée, température, etc. Une grosse difficulté réside dans l'élimination des dernières traces des sels ajoutés. Cette élimination doit être complète pour ne pas réduire la durée utile de la plaque positive. On y parvient par des lavages dans des liquides appropriés et par la réduction par le courant, dans des conditions déterminées, de la plaque peroxydée. Pendant cette opération, les dernières traces d'anions retenus dans la matière active se rendent à l'anode constituée par une plaque d'outillage. Il suffit enfin de reperoxyder, dans un électrolyte sulfurique pur, la plaque réduite en plomb spongieux pour obtenir la positive terminée.

La plaque positive mixte est employée dans les éléments stationnaires et quelquefois aussi dans les éléments transportables pour lesquels on n'exige pas une grande légèreté. Son support se construit en plomb pur de la même manière que celui de la plaque à grande surface. On lui donne cependant moins de développement de surface et plus d'épaisseur aux nervures actives. Les intervalles de celles-ci sont garnies de matière active et la plaque travaille comme plaque à oxyde rapporté au début de son fonctionnement. Si la porosité de l'empâtage n'a pas été choisie trop grande, la chute de la matière active rapportée se produit lentement et la peroxydation des nervures a le temps de se produire au fur et à mesure de cette chute. La surface active augmentant, la formation Planté des nervures produit de nouvelles quantités de peroxyde qui remplacent la matière rapportée déjà tombée. La capacité peut ainsi se maintenir constante et même augmenter pendant le fonctionnement suivant le rapport plus ou moins grand entre la surface développée des nervures et la surface de la matière active rapportée. De telles plaques bien construites sont susceptibles de fournir un très grand nombre de décharges avant usure ou baisse notable de capacité.

Les plaques positives à oxyde rapporté sont réservées aux éléments transportables qui doivent avoir un faible poids et un faible encombrement. C'est ce type de plaques qui donne les plus grandes capacités massiques ou volumiques. Le rapport entre le poids de matière active et le poids total de la plaque est plus élevé que dans les autres types. Il est le plus souvent compris entre 0,4 et 0,7 suivant les capacités massiques désirées.

Ces plaques comportent un support ou grille dont les barreaux laissent entre eux des alvéoles pour le logement de la matière active rapportée. Les grilles ne servant que de conducteur et de support de matière active sont coulées en alliage dit inoxydable, le plus souvent un alliage de plomb et d'antimoine renfermant de 5 à 10 pour 100 de ce dernier métal. La peroxydation de cet alliage se fait plus difficilement que celle du plomb doux et sa résistance mécanique est plus considérable. Un alliage trop riche en antimoine deviendrait cependant trop cassant. Les sections des barreaux doivent être suffisantes pour assurer, malgré leur lente peroxydation progressive, la conductibilité et la résistance mécanique jusqu'à la chute de la plus grande partie de la matière active.

Les formes les plus employées de ces grilles sont la simple grille dont les barreaux ont une section en forme de deux trapèzes accolés par leurs grandes bases et la double grille dont les barreaux trapézoïdaux sont accolés par leur petite base, ce qui oblige à constituer la plaque au moyen de deux demi-plaques coulées séparément et réunies par rivets en plomb ou par soudure. En plaçant les barreaux en chicane de chaque côté on peut

Digitized by Google

cependant obtenir la double grille par coulée directe. Dans la simple grille, les pastilles de matière active ont une section plus grande à la surface de la plaque qu'au milieu ; elles sont donc plus sujettes à se déchausser accidentellement que dans la double grille où les pastilles ont au contraire une section plus petite à la surface de la plaque qu'en son milieu.

Pour les plaques négatives, étant donné que la matière active n'a pas tendance à tomber et que le support ne tend pas à se former pendant le fonctionnement, le type de plaque mixte n'existe pas.

On peut employer le type à grande surface ; mais dans ce cas, la plaque est d'abord formée en positive et réduite ensuite en négative par le courant. Un traitement spécial est alors nécessaire si l'on veut éviter la contraction de la matière et la diminution de la capacité pendant le fonctionnement.

Le plus souvent, les négatives sont du type à oxyde rapporté d'épaisseur assez forte (6 à 8 mm) pour les plaques stationnaires et plus faible (jusqu'à 2 mm) pour les plaques transportables. La matière active rapportée est préparée, comme nous l'avons indiqué dans un précédent article, pour éviter la contraction.

Modes de montage des accumulateurs au plomb. — Pour les éléments stationnaires on fait usage de bacs en verre lorsqu'il s'agit d'éléments de petites ou de moyennes dimensions et de bacs en bois doublés intérieurement d'une chemise en plomb dans le cas des gros éléments.

Dans le premier cas, les plaques sont suspendues par des queues spéciales qui reposent directement sur les bords supérieurs du bac. Par leur transparence les bacs en verre permettent mieux de se rendre compte de l'état des plaques pendant le fonctionnement de l'accumulateur. Avec les bacs en bois plombé, la chemise de plomb conductrice oblige à procéder différemment pour le montage et, dans ce cas, on dispose le plus souvent le long de deux parois opposées du bac deux dalles en verre dont la partie supérieure dépasse un peu le bord supérieur du bac. C'est sur ces dalles que sont suspendues les plaques par leurs queues supérieures. Les dalles de verre reposent généralement dans la rainure de semelles en plomb et sont maintenues écartées par les plaques négatives qui n'ont pas tendance à la dilatation ; des agrafes ou des taquets en matière inattaquable à l'acide servent de cales entre ces dalles et la chemise de plomb du bac.

Dans les éléments transportables, comme on vise avant tout à obtenir un faible poids et un faible encombrement, les bacs sont pris en ébonite, en gummite ou en celluloïd. Ce dernier ayant le grand avantage d'être transparent, de se coller très facilement et de s'employer en feuilles minces ; c'est le bac le plus léger. Malheureusement son inflammabilité le fait rejeter dans tous les cas où la batterie doit supporter une tension suffisante pour provoquer un arc lors d'un défaut d'isolement. Le celluloïd introduit parfois aussi dans l'électrolyte des matières organiques dont on connaît l'influence néfaste sur les plaques positives. Les effets les plus redoutables de la présence des matières organiques sont la peroxydation plus rapide des supports des plaques positives et la production de cassures et de déformations de celles-ci. Pour ces raisons, le celluloïd n'est employé que dans les petits éléments transportables et lorsque les batteries ne doivent se composer que d'un petit nombre d'éléments placés en tension.

Les éléments plus gros sont montés avec des bacs en ébonite ou en gummite. Ces deux matières sont très peu attaquables par l'électrolyte de l'accumulateur au plomb. La première renferme, à côté du caoutchouc, du soufre à l'état combiné et à l'état libre et des matières minérales fixes. La deuxième fabriquée par la Compagnie générale d'Electricité (manufacture d'isolants et d'objets moulés), est composée de résines fossiles et d'amiante finement pulvérisés, intimement mélangés et soumis à l'action simultanée de la température et d'une pression considérable.

L'ébonite sous faible épaisseur (3 à 6 mm) permet de constituer des bacs légers pour éléments de petite et de moyenne dimension. Pour les grands bacs, afin d'éviter les déformations, on peut introduire ceux-ci dans une caisse en bois recouvert de peinture ou de vernis inattaquable.

Cependant, depuis quelques années, on construit des ébonites spéciales (l'ébonite massive de la Société industrielle des Téléphones, par exemple) permettant de construire en épaisseurs relativement faibles des bacs de grandes dimensions très peu déformables.

Les bacs en gummite sont en général plus épais et également très peu déformables.

Pour des raisons de réduction d'encombrement et de poids, les plaques des éléments transportables sont le plus souvent montées sur des tasseaux disposés sur le fond du bac et constitués en général de la même matière que celui-ci. Dans certains cas cependant les plaques négatives reposent par des pieds sur le fond du bac et les positives sont suspendues par leur partie supérieure sur les négatives ce qui leur laisse toute liberté de s'allonger vers le bas. Quelquefois aussi les plaques sont suspendues par leur partie supérieure, leurs queues spéciales sur un épaulement de deux des parois internes du bac.

La séparation et l'isolement entre elles des plaques de polarité inverse se fait de différentes manières. Dans les éléments stationnaires les intervalles des plaques sont assez grands et varient en général de 10 mm pour les petites plaques, à 14 mm pour les très grandes. On emploie couramment des tubes de verre pour les assurer. Depuis quelques années, on fait beaucoup usage de séparateurs en bois comprenant une feuille en bois mince maintenue au milieu de l'intervalle des plaques par des baguettes également en bois. Ces séparateurs sont traités spécialement de manière à débarrasser le bois des substances extractives, de la vasculose, etc., et à ne laisser que la cellulose. Bien qu'ils introduisent de petites quantités de matières organiques dans l'électrolyte pendant tout le cours du fonctionnement de l'accumulateur, les séparа-

Digitized by Google

teurs en bois ont le grand avantage de protéger efficacement l'élément contre les courts-circuits provoqués par la déformation possible des positives. La résistance intérieure de l'accumulateur n'est d'ailleurs que peu augmentée par la présence de ces séparateurs en bois.

La nécessité de réduire l'encombrement et le poids des éléments transportables oblige à diminuer le plus possible l'intervalle des plaques. On prend, en général, pour celui-ci, une épaisseur voisine de celle de la plaque positive. La régularité de l'intervalle s'obtient en plaçant entre les plaques des séparateurs en matière isolante (ébonite le plus souvent) comprenant une feuille mince perforée appliquée contre la positive et des nervures verticales appliquées contre la négative. On assure une protection plus efficace contre les dérivations intérieures dues à la chute de la matière active positive en employant un double isolement. Par exemple, on peut, en plus du séparateur en ébonite, appliquer sur la négative une feuille de bois mince préalablement traitée. Si la feuille était disposée sur la positive, elle s'attaquerait trop rapidement au contact du peroxyde de plomb. Quelquefois, on fait usage d'un seul séparateur en bois comprenant une feuille appliquée contre la négative et des nervures verticales appuyant sur la positive. En disposant sur la positive un diaphragme poreux inattaquable (par exemple, toile d'amiante ou diaphragme en coton de verre), on réalise le même avantage au point de vue de l'isolement des plaques tout en assurant à la positive une plus longue durée, la matière active se trouvant plus longtemps retenue sur son support. Dans le fonctionnement de ces éléments, il faut tenir compte, ainsi que nous l'avons vu, des petites quantités de matières qui peuvent se dissoudre dans l'électrolyte et modifier plus ou moins profondément les conditions de ce fonctionnement. Dans le cas d'emploi de séparateurs en bois, les matières organiques tendent à s'éliminer par électrolyse pendant la charge. C'est après de longues périodes de repos que leur teneur peut devenir appréciable et provoquer, pendant les charges, une accélération de la peroxydation des supports et des cassures dans ceux-ci.

La réunion des plaques de même polarité d'un élément se fait toujours soit par soudure autogène des queues des plaques à une barrette en plomb, soit à l'aide de boulons en laiton, chaque queue de plaque étant serrée sur celui-ci par l'intermédiaire d'écrous et de rondelles en laiton. Le premier procédé donne toute garantie de bons contacts, mais il ne peut être appliqué que par un spécialiste de la soudure autogène. Il a aussi l'inconvénient de compliquer beaucoup les opérations d'entretien, chaque visite de plaque entraînant après le dessoudage de la plaque une nouvelle soudure autogène. Dans le procédé par boulonnage, pour conserver de bons contacts, il faut veiller de temps en temps à assurer leur propreté et vérifier le serrage des écrous. Mais on réalise ainsi le montage le plus simple, pouvant être appliqué par n'importe quel ouvrier et permettant le démontage et le remontage faciles et rapides d'une plaque à visiter. Il suffit de disposer l'encoche du boulon à la partie inférieure de la queue de plaque recourbée pour donner la possibilité de sortir une plaque sans arrêter le fonctionnement des autres plaques du même élément. Ces avantages font préférer ce mode de montage, malgré son prix un peu plus élevé, dans beaucoup d'installations.

L'attaque des boulons en laiton peut d'ailleurs être très réduite en graissant ces boulons et surtout en empêchant les vésicules d'eau acidulée entraînées par les gaz à la fin de la charge d'être projetées sur ces boulons. On y parvient en arrêtant ces vésicules soit par une plaque de verre disposée horizontalement au-dessus de l'électrolyte, soit par une couche d'huile minérale surnageant cet électrolyte et qui prend aspect de mousse pendant la charge.

Résultats pratiques obtenus actuellement avec l'accumulateur au plomb. — En pratique, les résultats les plus importants à considérer sont, d'une part, la capacité et, d'autre part, la durée des électrodes. La capacité massique des électrodes et leur durée variant en sens inverse, la connaissance de ces deux facteurs est utile pour étudier les possibilités d'applications et pour déterminer dans chaque cas particulier le type le plus économique.

Dans le cas des batteries stationnaires, comme il est rare qu'on soit limité par le poids et par l'encombrement, on choisira des accumulateurs à faible capacité massique et volumique dont les électrodes ont une longue durée et on réalisera ainsi les meilleures conditions économiques.

Pour les batteries transportables, au contraire, le poids et l'encombrement ne pouvant dépasser certaines valeurs, on choisira les éléments susceptibles de donner juste, ou seulement avec un faible pourcentage en plus, l'énergie dont on a besoin en utilisant tout le poids et l'encombrement dont on peut disposer. On obtiendra ainsi le maximum de durée des électrodes.

Dans les éléments stationnaires dont les plaques positives, du type à grande surface, ont 10 à 13 mm d'épaisseur et un développement de surface ne dépassant pas 10 et dont les plaques négatives, du type à oxyde rapporté, ont 6 à 8 mm d'épaisseur (les deux négatives extrêmes peuvent avoir moins puisqu'elles ne travaillent que d'un côté), voici sur quelles capacités spécifiques on peut compter normalement. (Voir le tableau I.)

Nous avons indiqué les capacités massiques, surfaciques et volumiques en les rapportant : 1° au kilogramme du poids total de plaques ; 2° au décimètre carré de surface apparente de plaques positives (double produit de la hauteur par la largeur de ces plaques) ; 3° au kilogramme de poids total d'élément et 4° au décimètre cube d'encombrement total.

Nous avons ajouté à ce tableau les différences de potentiel moyennes à la décharge, de manière à permettre le calcul des énergies massiques ou volumiques aux différents régimes de décharge.

Les plaques positives de tels éléments peuvent effectuer environ mille décharges complètes à un régime

Digitized by Google

Tableau I.

RÉGIME DE DÉCHARGE EN HEURES	CAPACITÉ EN AMPÈRES-HEURES				DIFFÉRENCE DE POTENTIEL MOYENNE EN VOLTS
	par kg de plaques (+ et —)	par dm² de surface apparente de positives	par kg de poids total d'élément	par dm³ d'encombrement total d'élément	
10	8,0	5,4	4,0	7,7	1,93
6	7,4	5,0	3,7	7,1	1,90
3	6,5	4,4	3,2	6,1	1,86
2	5,6	3,8	2,8	5,4	1,84
1	4,4	3,0	2,2	4,2	1,81
0,5	3,0	2,0	1,5	2,9	1,76

moyen (décharge en trois heures environ) avant leur usure. Encore faut-il que l'épaisseur moyenne des nervures actives soit au moins de 0,5 mm et que la formation initiale n'ait pas été trop profonde. Il est préférable que celle-ci ne donne pas aux plaques, dès le début, les capacités ci-dessus mais des capacités un peu inférieures. Les capacités ci-dessus s'obtiennent alors après un certain temps de service et peuvent même être notablement dépassées dans la suite.

Quant aux plaques négatives des éléments à poste fixe, lorsqu'elles sont construites de manière à éviter la contraction, elles peuvent conserver les capacités ci-dessus pendant plus de mille décharges et dépasser 2 000 décharges complètes en tolérant une petite diminution de la capacité.

Dans les éléments transportables, on donne aux plaques à oxyde rapporté des épaisseurs d'autant plus faibles que les capacités spécifiques désirées sont plus élevées. On ne descend guère pour l'épaisseur des plaques au-dessous de 2 mm lorsqu'on veut réaliser les plus grandes capacités spécifiques. Dans la plupart des applications, on prend des épaisseurs de 4 à 5 mm et plus rarement au-dessus. L'intervalle laissé entre les plaques est, en général, à peu près égal à l'épaisseur même de ces plaques.

Nous donnons, dans le tableau II, les capacités et énergies spécifiques les plus élevées obtenues jusqu'ici avec des accumulateurs au plomb (éléments TEM de la Société pour le Travail électrique des Métaux).

Tableau II.

RÉGIME DE DÉCHARGE EN HEURES	CAPACITÉ EN AMPÈRES-HEURES			ÉNERGIE EN WATTS-HEURES	
	par kg de plaques (+ et —)	par kg de poids total d'élément	par dm³ d'encombrement total d'élément	par kg de poids total d'élément	par dm³ d'encombrement total d'élément
20	43,0	25,9	65,8	51,8	131,6
10	41,6	25,1	63,8	49,2	125,0
6	38,0	22,9	58,2	43,7	111,2
3	27,1	16,3	41,6	30,6	78,2

Le tableau III se rapporte aux mêmes grandeurs obtenues avec des éléments TEM à plaques de 4 mm d'épaisseur:

Tableau III.

RÉGIME DE DÉCHARGE EN HEURES	CAPACITÉ EN AMPÈRES-HEURES			ÉNERGIE EN WATTS-HEURES	
	par kg de plaques (+ et —)	par kg de poids total d'élément	par dm³ d'encombrement total d'élément	par kg de poids total d'élément	par dm³ d'encombrement total d'élément
50	23,1	14,4	38,5	28,9	77,0
20	20,5	12,8	34,1	25,3	67,5
10	18,5	11,6	30,7	22,6	60,2
6	16,9	10,6	28,2	20,4	54,4
3	14,7	9,2	24,4	17,5	46,4
1,5	12,3	7,7	20,3	14,1	37,4

Digitized by Google

La durée des électrodes est, comme nous l'avons précédemment montré, extrêmement variable avec le mode de constitution des matières actives et les conditions de fonctionnement. Voici quelles valeurs il est possible d'obtenir dans de bonnes conditions.

Pour les plaques positives la durée peut varier d'une valeur un peu inférieure à 100 décharges et charges complètes pour une épaisseur de 2 mm à une valeur supérieure à 400 décharges et charges complètes quand l'épaisseur atteint 4 mm.

Lorsque les plaques négatives ont même épaisseur que les positives et sont construites de manière à éviter la contraction, elles peuvent aisément donner deux fois plus de décharges complètes sans diminution trop sensible de la capacité par rapport à celle du début.

Ces durées peuvent être dépassées, aussi bien comme nombre de décharges que comme nombre total d'ampères-heures débités lorsque les éléments, au lieu de subir des décharges et charges complètes, ne font que des décharges et charges partielles.

Comme les plaques négatives ont, à épaisseur égale, une plus longue durée que les positives et le plus souvent aussi une capacité initiale supérieure, on choisit quelquefois leur épaisseur inférieure à celle des positives, ce qui réduit à la fois poids, encombrement et prix pour une capacité déterminée. On peut encore réaliser ainsi des éléments dans lesquels les mêmes négatives peuvent user deux jeux de plaques positives.

Les deux derniers tableaux montrent les limites entre lesquelles on choisit le plus généralement les batteries transportables dans les cas où la légèreté et le faible encombrement priment toutes les autres considérations.

Mais entre le dernier tableau relatif à des éléments transportables assez robustes et le tableau I qui se rapporte aux éléments à poste fixe, il existe, comme on le voit, un écart considérable dans les capacités spécifiques et dans les durées des électrodes.

D'assez nombreuses applications permettent d'utiliser des éléments donnant des capacités spécifiques et volumiques comprises entre ces limites extrêmes. Ces éléments sont alors constitués à l'aide de plaques positives du type mixte ou du type à oxyde rapporté d'épaisseur et de robustesse suffisante et la durée de ces positives peut être ainsi comprise entre 400 et 1 000 décharges complètes. On prend pour les négatives correspondantes des plaques à oxyde rapporté d'épaisseur variant le plus souvent de 4 à 6 mm.

Un autre facteur important à considérer parce qu'il a sa répercussion économique est le rendement. C'est le facteur le plus délicat à calculer car, en pratique, il est souvent ce qu'on le fait et lorsqu'une batterie n'est pas bien conduite, son rendement ressort plus faible qu'il n'est réellement, ce qui se traduit par une dépense supplémentaire de courant et aussi par une usure plus rapide des plaques.

Pour obtenir le rendement maximum, il faut avoir un électrolyte aussi pur que possible pour réduire au minimum les actions locales, ne pas laisser l'élément fonctionner avec des dérivations intérieures et le charger rationnellement. Nous reviendrons sur ces deux derniers points en traitant de la question des conditions d'exploitation des batteries. Sous ces réserves, il est possible d'atteindre avec un élément qui fait des décharges et charges complètes, un rendement en quantité de 0,9 et un rendement en énergie variant de 0,7 à 0,75 suivant le régime de décharge.

Lorsque les éléments subissent des décharges et charges partielles, le rendement s'élève et peut atteindre dans certains cas 0,95 en quantité et 0,85 en énergie.

(A suivre.)

L. JUMAU.

Les altérations du charbon emmagasiné

La plupart des grandes industries sont obligées de constituer des stocks plus ou moins considérables de charbon, en prévision des arrêts ou du ralentissement que des causes diverses peuvent produire dans l'exploitation des mines ou dans les transports. Dans des cas assez fréquents, on a constaté une altération plus ou moins marquée des propriétés du charbon emmagasiné et même une inflammation spontanée. M. S.-W. Parr, professeur de chimie appliquée à l'Université de l'Illinois, s'est proposé de déterminer les causes de ces phénomènes et les moyens d'y remédier. Les recherches qu'il a entreprises dans ce but sont exposées dans un important mémoire (1) *que nous résumons ci-dessous.*

Les essais ont porté sur des charbons provenant des mines de l'Illinois de M. Parr (Etats-Unis). Ces charbons sont désignés comme charbons gras (bituminous coals) : en l'absence d'analyse détaillée, il est impossible d'en fixer la nature exacte. On peut s'en faire une idée d'après quelques détails du mémoire. L'auteur admet qu'ils ont pu rétrograder à l'état de lignite, ce qui indiquerait une carbonisation assez peu avancée, hypothèse confirmée par une assez forte proportion de matières organiques. Ils sont sulfureux (4 à 5 pour 100 de soufre) laissent 15 à 18 pour 100 de cendres. Leur pouvoir calorifique est en moyenne de 6 600 calories par kilogramme de charbon brut.

(1) S.-W. PARR. Effects of storage upon the properties of coal. *University of Illinois Bulletin*, n°97, mai 1917, 39 pages, 3 figures.

Digitized by Google

1. Echauffement et combustion spontanée. — Le charbon fraîchement extrait est très avide d'oxygène; au bout de cinq ou six mois d'exposition à l'air, la saturation est accomplie, après une absorption d'oxygène relativement faible. Il ne semble pas qu'il s'agisse d'un phénomène physique, absorption ou occlusion, mais plutôt d'une véritable combinaison chimique, qui dégage une petite quantité de chaleur et 35 ou 40° C; quand l'air a libre accès dans la masse, la température s'élève de 1 à 1,5° C par vingt-quatre heures. La quantité d'oxygène absorbée est environ 0,8 pour 100 du poids du charbon, sans qu'il se forme une quantité équivalente d'anhydride carbonique. L'auteur suppose qu'il existe dans le charbon des composés non saturés auxquels l'oxygène s'unit par addition. Il ne semble pas que ses arguments en faveur de l'hypothèse d'une réaction chimique soient décisifs. Le dégagement de chaleur n'est pas un caractère exclusif de ces réactions et s'observe aussi dans certains phénomènes d'occlusion; l'absence d'une quantité équivalente d'anhydride carbonique n'est pas suffisamment expliquée.

Oxydation des pyrites. — La présence de la pyrite peut favoriser l'échauffement et la combustion spontanée du charbon, mais elle n'en est pas l'agent essentiel. Le phénomène d'oxydation est d'autant plus rapide que le charbon est plus divisé. La pyrite est répandue surtout dans le menu : elle forme en effet une notable partie des cendres et c'est le menu qui fournit les cendres les plus abondantes. Son existence constitue donc en tout cas un danger dans les charbons du type des charbons de l'Illinois. Parr et Kressman attribuent le premier rôle à l'oxydation des matières organiques, qui, en élevant la température, provoquerait ensuite l'oxydation de la pyrite: mais ils ne démontrent pas que cette élévation de température est nécessaire pour amorcer cette seconde réaction.

Formation des sulfates. — En fait, la pyrite s'oxyde dès la température ordinaire, pourvu qu'elle soit très divisée et en présence d'une quantité d'eau suffisante. Pour s'en assurer, on a passé au tamis de 10 mailles par centimètre carré une série d'échantillons de charbon au sortir de la mine et, sur chacun, on a prélevé 75 g environ, qui ont été introduits dans un flacon de 125 cm³ bouché au caoutchouc. Ces échantillons ont été conservés à la température du laboratoire depuis août 1912 jusqu'en avril 1913; à cette époque, on a déterminé leur teneur en soufre sous forme de sulfates ou d'acide sulfurique.

La même analyse a été faite sur le charbon primitif passé seulement au tamis de deux mailles au centimètre carré.

Voici les résultats de ces analyses (Tableau I).

Ils prouvent que l'oxydation de la pyrite s'est produite à la température ordinaire ; pour cinq des échantillons sur sept, cette oxydation a atteint 30 ou 40 pour 100 du soufre; elle n'a pas eu lieu dans le deuxième et le troisième.

Tableau I.

N°	EAU	SOUFRE TOTAL	ACIDE SULFURIQUE		
			tamisé au 10 mailles		au 2 mailles
			août 1912	avril 1913	avril 1913
5 365	6,33	5,29	0,95	1,46	0,86
5 367	8,84	2,27	0,39	0,38	0,18
5 370	4,49	4,92	0,47	0,49	0,25
5 372	4,86	5,46	0,63	1,25	1,12
5 376	7,66	2,73	0,61	1,12	0,86
5 388	7,93	5,20	1,42	1,79	0,82
5 381	8,05	4,83	0,62	1,20	0,81

Le deuxième ne contient que peu de soufre et le troisième peu d'eau : il n'est pas certain cependant que cette circonstance suffise à expliquer l'absence d'oxydation. La comparaison des deux dernières colonnes met en évidence l'influence du degré de division du charbon ; les échantillons criblés au tamis de deux mailles ne sont que peu ou point oxydés. L'oxydation n'est sensible que pour les criblés à travers les tamis ayant plus de six mailles au centimètre carré.

D'une façon générale, ce sont les charbons renfermant à la fois une forte proportion de soufre et une forte proportion d'eau qui s'oxydent le plus. Il est à supposer d'ailleurs que d'autres circonstances peuvent influer sur le phénomène, telles la présence de catalyseurs, l'accès plus ou moins facile de l'air, la forme cristalline que présente le sulfure, pyrite ou marcassite ; leur mode de répartition, en masses compactes ou en grains microscopiques.

L'échauffement du charbon peut l'amener au voisinage des conditions de l'inflammation spontanée. L'oxydation d'un poids de soufre égal à 0,5 pour 100 du poids du charbon suffirait à élever sa température de 80°C et à le porter par conséquent à 90° en supposant la température initiale de 10°. Vers 100°, l'oxydation de la pyrite devient très rapide. Il faut ajouter à cette cause le dégagement de chaleur produit par l'oxydation des matières organiques.

II. — **Altération.** — Pour déterminer l'influence des intempéries, on a pris des lots d'une tonne environ, qui ont été conservés dans des coffrages à l'air libre (fig. 1) ou couverts (fig. 2) et d'autres lots de 50 à 100 kg qui ont été, conservés sous l'eau.

Le pouvoir calorifique de chacun a été mesuré le jour même de l'extraction, puis au bout de sept jours, de deux mois, de six mois et d'un an.

Tous les échantillons, sauf ceux qui étaient immergés, sont restés emmagasinés pendant une durée totale de six ans. A la fin de la quatrième année, les lots conservés à l'air libre ou couverts ont été déplacés et à la fin de la sixième année ont été essayés sous les générateurs de vapeur.

Le pouvoir calorifique diminue assez rapidement pendant les premières semaines et ensuite plus lente-

Digitized by Google

ment ; en moyenne, la perte est de 1 pour 100 pendant la semaine qui suit l'extraction, puis de 2 à 3 pour 100 pendant la première année ; elle a atteint dans des cas

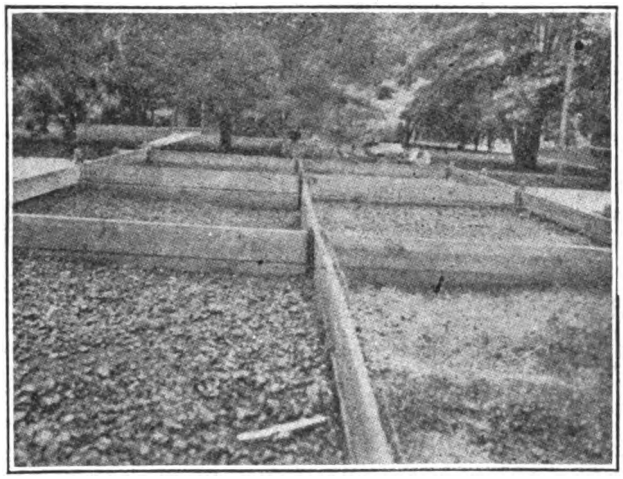


Fig. 1. — Charbon conservé dans des coffrages à l'air libre.

particuliers jusqu'à 11 pour 100 à la fin de la sixième année.

Cette perte peut être attribuée :

1° Au dégagement des gaz combustibles ;

2° A l'absorption d'oxygène ;

3° A l'augmentation de poids des matières organiques ou de la partie combustible du charbon.

La perte due au dégagement des gaz est très faible : 0,16 pour 100 en dix-sept mois, ce qui est en pratique tout à fait négligeable.

La perte due à l'oxydation est du même ordre. Les

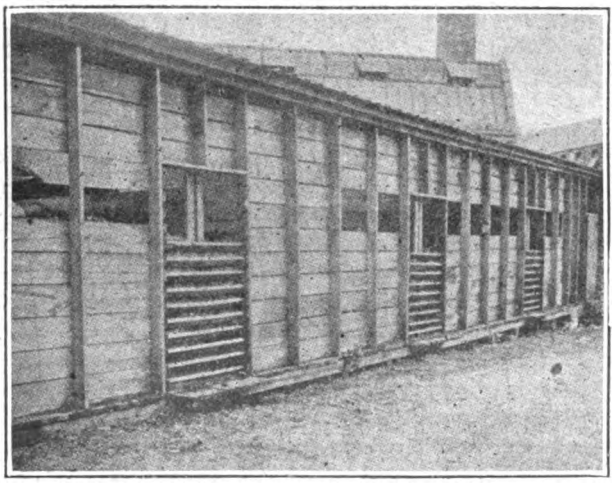


Fig. 2. — Charbon conservé dans des coffrages couverts.

mesures effectuées sur les charbons anglais ont donné un dégagement de chaleur de 2,1 à 3,3 calories par centimètre cube d'oxygène absorbé ; comme la quantité d'oxygène absorbée est en moyenne de 5 cm^3 : g, la perte du pouvoir calorifique serait de 10 calories environ par gramme, soit 0,12 pour 100 du pouvoir total.

Il est donc à supposer que la perte de pouvoir calorifique n'est qu'apparente et due à l'augmentation de poids qu'éprouve le charbon exposé à l'air et qui résulte de l'oxydation. Cette augmentation est de 2 à 3 pour 100. D'après les essais de Porter et Ralston, les charbons de l'Illinois et de Pittsburgh augmentent de poids même à 125°, quoiqu'ils perdent de l'anhydride carbonique et de l'eau. D'une manière générale, la proportion des cendres diminue toujours. Cette diminution doit être, pour une part au moins, apparente et résulter de l'accroissement du poids.

Une vérification est difficile, parce que l'oxydation du soufre et l'élimination des sulfates solubles produisent un effet du même ordre de grandeur ; en outre les irrégularités des prises d'échantillon, une accumulation accidentelle de matières étrangères peuvent provoquer des écarts comparables à ceux qu'il s'agirait de déterminer.

Au bout d'un an de conservation à l'air, la diminution de la teneur en cendres est de 1 à 4 pour 100.

Le charbon conservé sous l'eau ne subit pas ces altérations, il garde sa teneur en cendres aussi bien que son pouvoir calorifique.

Humidité. — Le charbon fraîchement extrait renferme une forte proportion d'eau (10 à 20 pour 100) dont il perd la plus grande partie par l'exposition à l'air jusqu'à n'en plus renfermer que 3 à 4 pour 100. Plus la teneur en eau est grande, plus les charbons ont tendance à s'émietter.

III. — **Altération des propriétés physiques.** — Le charbon emmagasiné se désagrège plus ou moins et cette modification est très importante dans la pratique

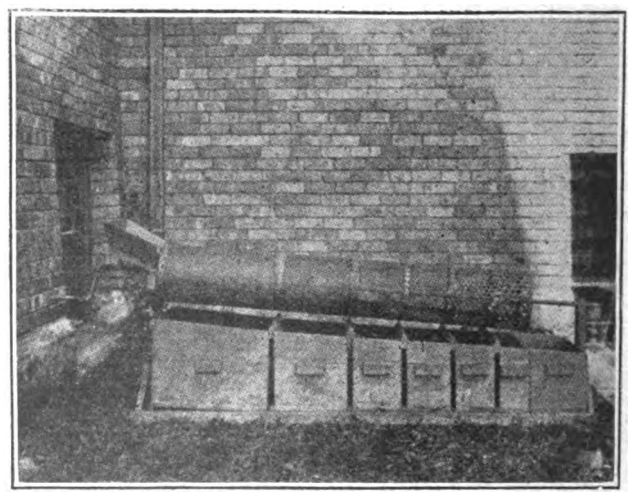


Fig. 3. — Appareil pour cribler le charbon.

parce que la tenue au feu dépend en grande partie de la proportion de menu et de poussier contenue dans le combustible.

Digitized by Google

Pour apprécier la marche de cette altération, on a criblé (fig. 3) à trois reprises un lot de charbon conservé en tout pendant six ans : une première fois au moment de la mise en magasin, la seconde fois dix-huit mois plus tard et la troisième fois au bout des six ans. Les cribles étaient à ouvertures circulaires.

Il est à noter que, vers la fin de la troisième année, le charbon a subi une double manutention : il a été rechargé sur wagon et transporté dans un autre parc.

Le tableau suivant donne un exemple des résultats obtenus. Les colonnes (3), (5), (7), donnent les proportions en centièmes du charbon qui traversent les trous des cribles dont les diamètres sont indiqués dans la colonne (1); les colonnes (4), (6), (8) indiquent les proportions du charbon retenu sur les cribles dont les trous ont les diamètres inscrits dans la colonne (2).

TABLEAU II.

DIAMÈTRE DES OUVERTURES EN CM		PROPORTION EN CENTIÈMES DES MORCEAUX DE DIVERSES GROSSEURS					
		AU DÉBUT		1 AN 1/2		6 ANS	
laissant passer le charbon (1)	retenant le charbon (2)	traversant le crible (3)	retenus sur le crible (4)	traversant le crible (5)	retenus sur le crible (6)	traversant le crible (7)	retenus sur le crible (8)
7,5	2,5	89,4		64,3		30,9	
2,5	1,87	4,1	93,5	6,9	71,2	9,6	40,5
1,87	1,25	3,5	97,0	8,4	79,6	15,9	56,4
1,25	0,94	1,2	98,2	3,2	82,8	8,5	64,9
0,94	0,62	0,6	98,8	4,0	86,8	3,2	68,1
0,62	0,31	0,6	99,4	7,4	94,2	17,0	85,1
0,31	0	0,6	100,0	5,8	100	14,9	100,0
Diamètre moyen.....		4,62 cm		3,60 cm		2,22 cm	

On n'a pas trouvé de différence sensible entre les lots conservés à l'air libre et les lots conservés à couvert. Cette désagrégation du charbon marche de pair avec l'oxydation et il est vraisemblable que l'oxydation des matières organiques intervient tout autant que celle des grains de pyrite.

ESSAIS SUR GRILLE. — Ces essais font partie de la série d'expériences effectuées par M. Kratz pour déterminer les causes de perte de chaleur dans les générateurs (1).

Le charbon qui avait été exposé aux intempéries ne différait guère du charbon frais en ce qui concerne la teneur en cendres et la proportion de poussier.

Dans le premier essai, le charbon avait été chargé jusqu'auprès de la paroi de la chaudière : la grille se recouvrit entièrement de mâchefer. On décrassa immédiatement et on prit soin ensuite que la couche de charbon restât toujours à 0,15 m au moins de la paroi.

La conclusion la plus importante de ces essais, c'est que le charbon qui a été exposé à l'air exige un tirage plus fort que le charbon frais. L'humidité n'est pas seule en cause et la différence résulte plutôt de l'oxydation partielle subie par le charbon emmagasiné, peut-être aussi à la perte des gaz combustibles.

Somme toute, à la condition d'employer un tirage suffisant et de réduire l'épaisseur du feu, le charbon emmagasiné donne d'aussi bons résultats calorifiques que le charbon frais.

PROCÉDÉS DE CONSERVATION. — Conservé sous l'eau, le charbon ne subit ni perte de pouvoir calorifique ni désagrégation. Pour le garder à sec, il est préférable de séparer le poussier par un criblage et de ne garder que la gailleterie, mieux encore classée par grosseur.

M. L.

Revues, analyses et informations

L'empire allemand acquiert une grande usine motrice.

Sous ce titre, l'« Elektroindustrie » de Zurich, dans son numéro du 15 décembre, donne les renseignements suivants :

« Avant la déclaration de la guerre, l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft (A. E. G.) a installé à proximité de grands gisements de lignite, près de Bitterfeld, une grande usine électrique, dont la puissance devait atteindre, finalement, 140 000 ch. L'énergie électrique produite devait être transportée à Berlin.

» Quand la guerre éclata d'une façon si inattendue (*sic*) cette usine devint une aide précieuse pour l'empire allemand. Il acheta l'énergie produite par l'usine et l'utilisa dans de grands établissements électrochimiques, qui furent rapidement construits.

» On fabriqua dans ceux-ci, du carbure, de l'aluminium et en particulier du salpêtre pour la production des munitions.

(1) *Revue générale de l'Électricité*, 24 novembre 1917, t. II, p. 822.

Digitized by Google

Comme on l'entendait dire, la Société A. E. G. vendait l'énergie à 0,9 pfennig (1,125 centime) le kilowatt-heure, et on insinua que les usines électriques utilisant du lignite, pouvaient produire l'énergie électrique à aussi bon marché que nos usines hydro-électriques suisses ; de beaucoup de côtés, on prévoyait un avenir plus engageant pour notre industrie électrochimique.

» Lors de l'exploitation, on s'aperçut que les frais de production du courant étaient beaucoup plus élevés qu'on ne l'avait prévu ; on disait que pour que l'exploitation soit rémunératrice, il fallait vendre l'énergie 1,5 pfennig (1,25 centime) le kilowatt-heure au départ de l'usine. Quoique les fabriques de l'empire aient un peu augmenté les prix qu'elles payaient, ce n'en fut pas moins une mauvaise affaire pour la Société.

» Par suite des dépenses considérables nécessitées par la construction de l'usine, la Société A. E. G., cependant si puissante au point de vue financier, fut obligée, le printemps dernier, d'augmenter son capital. Le directeur général de la Société M. Rathenau a dû avouer à l'assemblée générale que toutes les espérances que l'on avait fondées sur une usine d'électricité utilisant les lignites ne s'étaient pas réalisées ; il a déclaré, et cela est particulièrement important pour la Suisse, que l'expérience faite à Bitterfeld a montré que l'industrie électrochimique ne peut comporter que de la force motrice hydraulique.

» Le conseiller secret Rathenau, une autorité tout à fait considérable, reconnait donc que la force motrice hydraulique est beaucoup plus avantageuse que celle obtenue avec le lignite. Les craintes que l'on avait de la concurrence des usines brûlant du lignite, ne sont donc pas fondées. Quand on a constaté, comme l'a fait au printemps dernier l'auteur de ces lignes à Bitterfeld, les difficultés de l'exploitation, particulièrement de l'extraction du lignite, on est persuadé immédiatement de la supériorité de la force motrice hydraulique. Malgré les installations mécaniques perfectionnées, pour l'extraction du lignite, il faut beaucoup de main-d'œuvre. L'enlèvement de la couche de terre, de 3 à 4 m d'épaisseur, qui recouvre les couches de lignite, lui a paru particulièrement dispendieux.

» Dans les puits de lignite, situés dans un terrain plat, il y avait des centaines de travailleurs occupés, presque sans exception des prisonniers de guerre.

» Quand, en temps normal, il faudra remplacer ces prisonniers de guerre par des ouvriers ordinaires, l'extraction et le transport du lignite à l'usine électrique deviendront très coûteux ; plus les salaires augmenteront, plus les frais seront élevés. L'entretien des grandes chaudières exige aussi de fortes dépenses. Or, en ce qui concerne les chutes d'eau, les salaires peuvent augmenter mais l'eau ne sera pas plus chère après la guerre qu'avant ; ces simples points de vue montrent déjà que les usines électriques utilisant du lignite travaillent dans des conditions plus difficiles que les usines hydro-électriques. Il est douteux qu'on puisse obtenir de l'énergie à un prix inférieur à 1 pfennig (1,25 centime) le kilowatt-heure.

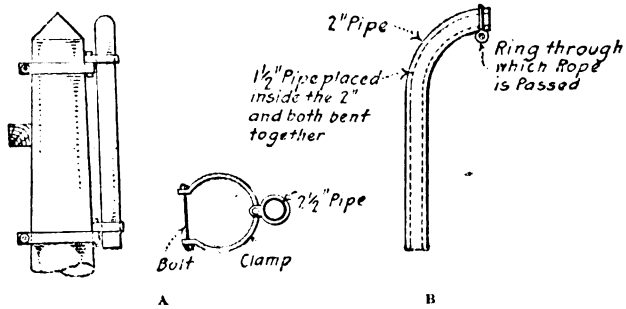
» Comme les usines électriques de Bitterfeld, de l'Allgemeine Elektricitats Gesellschaft, vendaient la plus grande partie de leur énergie (l'année dernière 300 millions de kilowatts-heures, ainsi trois fois plus que tout Paris n'en consomme) à l'empire allemand, il était naturel que celui-ci en devint acquéreur. Cela a été réalisé dernièrement. L'usine électrique valait environ 28 millions de marks (35 millions de francs), le terrain et les gisements de lignite 6 millions de marks (7 500 000 fr) et les installations des puits de mines, à peu près la même somme. L'empire allemand exploite l'usine, sous forme d'une société par actions et c'est une nouveauté dans le domaine de l'économie politique et de l'exploitation par l'État. »

F. L.

Notes pratiques

Construction d'une grue pour extrémité de poteaux de transmission (1). — Cette grue consiste dans sa partie supérieure en deux tubes concentriques de 3,8 cm et 5 cm de diamètre, recourbés comme l'indique la figure. Sa partie inférieure se compose d'un tube de 6,3 cm de diamètre fixé au poteau par deux colliers de serrage. — Pour s'en servir, le monteur installe d'abord le tube inférieur ; il y introduit ensuite la partie supérieure et la grue est prête. — Cette grue est particulièrement utile quand on doit enlever un transformateur d'une traverse détériorée pour la remplacer. Dans ce cas, on passe une corde dans l'anneau, et on y attache le transformatur qu'on peut ainsi libérer. Comme il est possible de faire tourner la partie supérieure de n'importe quel côté, le transformateur peut être facilement présenté à la nouvelle traverse du poteau. Cette grue peut avoir toute longueur désirée. Celle-ci, quand elle est installée, a une longueur totale de 1,65 m, la partie inférieure ayant environ 0,90 m.

P. V.



A : partie inférieure de la grue ; Bolt, boulon ; Clamp, collier ; 2 1 2" Pipe, tube de 6,3 cm ; B : partie supérieure de la grue ; 2" Pipe, tube de 5 cm ; Ring through wich Rope is passed, anneau à travers lequel on passe la corde ; 1 1/2" Pipe placed inside the 2" and both bent together, tube de 3,8 cm placé à l'intérieur du tube de 5 cm, et recourbé avec lui.

(1) H. MANTZEL, *Electrical World*, 10 février 1917, t. LXIX, p. 237, 250 mots, 1 fig.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

La formation de l'ingénieur électricien aux États-Unis

Il y a plusieurs années déjà que l'on parle en France de la réforme de notre enseignement technique.

Bien avant la guerre, des congrès d'ingénieurs, des réunions de professeurs, émirent des vœux à ce sujet; et enfin les besoins mêmes de l'industrie semblaient indiquer qu'il y avait quelque chose à changer, à transformer, à modifier ou à innover dans la pédagogie technique.

MM. Appel, Blondel, Guillet, la Société des Ingénieurs civils de France et quelques autres groupements autorisés apportèrent leur collaboration avertie aux ministères de l'Instruction publique et du Commerce qui avaient manifesté le désir d'être éclairés et documentés sur cette question très délicate que les controverses, les opinions les plus diverses et souvent les plus opposées ne résolvent pas.

C'est par lettre n° 8710 du 6 janvier 1917 que le ministre du Commerce demanda aux professeurs, ingénieurs et groupes industriels importants de le renseigner « sur les progrès que pourrait faire en France l'enseignement technique supérieur ».

La « Revue générale de l'Électricité » a cru devoir, dans la limite de ses moyens d'information et dans le domaine de l'électricité, apporter aussi sa contribution au projet de la réforme de l'enseignement technique en France.

On nous a toujours dépeint l'Amérique comme un pays où les choses et les gens vont vite, surtout dans la voie économique et industrielle, pays de réalisation et de réalisme à outrance, pays dans lequel des ingénieurs ont installé en dix-neuf jours une caserne pour la troupe : électricité, eau, gaz, égout, tout fonctionnant à merveille, nous dit le « Times » du 3 janvier 1918.

Aux Américains donc nous avons demandé comment ils forment leurs ingénieurs électriciens, comment ils comprennent le rôle de ceux-ci à l'usine, comment l'Université doit préparer l'étudiant à la pratique de l'atelier.

C'est aux personnalités les plus en vue du monde de l'électricité aux États-Unis que nous avons demandé une opinion en la matière, et c'est le plus aimablement possible qu'elles ont toutes bien voulu faire quelque chose aussi pour la France : lui apporter leurs lumières et leur expérience.

Hâtons-nous de dire que ces personnages ne sont eux-mêmes pas très satisfaits de l'enseignement technique aux États-Unis, ils ne nous ont pas dit : « Ne faites pas ce que nous faisons, », mais « voici ce que l'on devrait faire ».

Nul doute que les vues de personnes aussi autorisées et aussi averties soient d'un précieux secours pour ceux qui s'intéressent à la réforme de notre enseignement technique supérieur.

Opinion de M. Mann.

M. Mann est directeur de la « Fondation Carnegie »; M. Carnegie l'appela à son secrétariat particulier pour faire une « étude sur les moyens propres à améliorer l'enseignement fait aux élèves ingénieurs électriciens instruits dans les différentes institutions qui appartiennent à M. Carnegie. »

Le poste même qu'occupe M. Mann montre amplement l'autorité et l'érudition que possède cet homme en matière d'enseignement de l'électricité, aussi nous a-t-il paru nécessaire d'avoir son opinion afin que cette enquête sur la formation des ingénieurs électriciens en Amérique soit aussi complète que possible.

« J'ai visité, nous dit-il, toutes les universités et collèges d'Europe qui préparent les jeunes ingénieurs électriciens. J'ai étudié et j'étudie encore aujourd'hui pour le compte de M. Carnegie, tous les différents programmes et plans d'études de ces écoles, je les compare à ce qui se fait en Angleterre, en Allemagne, en France; bref, je fais depuis trois ans ce que vous commencez aujourd'hui : une enquête sur la formation des ingénieurs électriciens.

» Mon rapport paraîtra vers la fin de juillet prochain et c'est avec plaisir que je vous en remettrai un exemplaire. »

Pouvez-vous nous donner une idée générale sur votre ouvrage, des faits saillants qui ont attiré plus spécialement votre attention ?

— C'est bien difficile, il faudrait que je vous en fisse la lecture du commencement à la fin et votre mémoire, comme la mienne, ne saurait vraiment quoi retenir d'une si vaste et si complexe étude qui sera toujours incomplète.

— Vous pourriez peut-être nous dire si vous avez pris comme base d'un plan d'études modèles de l'électricité théorique et pratique les programmes des écoles d'électricité de France, d'Angleterre, d'Allemagne, ou de telle université des États-Unis qui vous semble avoir le mieux compris la question de formation des ingénieurs électriciens.

— En France, vous faites trop de théorie, en Angleterre la pratique et la théorie laissent à désirer, aux États-Unis, nous avons quelques bonnes écoles qui peuvent servir de bases à un programme qui serait la synthèse de leurs qualités respectives.

Digitized by Google

L'Université de Cincinnati, par exemple, est considérée ici comme l'une des meilleures écoles pour la formation des ingénieurs électriciens et celle de Pittsburgh est très intéressante aussi, mais moins que la première.

La différence réside en ceci : à l'Université de Cincinnati, les élèves ingénieurs vont deux semaines de suite à l'usine et deux semaines de suite à l'école pour la théorie.

A l'Université de Pittsburgh, la théorie alterne aussi avec la pratique, mais la durée des cours théoriques et pratiques est de trois mois chacun.

C'est trop longtemps, deux ou trois semaines c'est assez, car il ne faut pas oublier que les jeunes gens aiment la diversité des cours, trop de pratique ou trop de théorie à la fois fatigue l'esprit et devient rapidement du surmenage très préjudiciable aux études en général.

Je pense que trois semaines de pratique suivies par trois semaines de théorie donneraient un résultat satisfaisant.

« Columbia University », qui passe pour la première Faculté d'Amérique, vient de créer un cours avancé de deux ans pour les futurs ingénieurs électriciens, et M. Butler, son président, attend beaucoup de cette innovation.

M. Butler est dans l'erreur la plus complète; il ne faut pas six ans pour former des ingénieurs électriciens, trois ou quatre ans suffisent amplement. A l'Université, l'étudiant ne doit guère apprendre que les principes fondamentaux de tout, ce n'est que quand il sera à l'usine qu'il acquerra la science pratique. Toute la question est là : Comment faut-il préparer l'élève ingénieur à apprendre son métier quand il quittera la Faculté?

L'expérience que fait « Columbia University » a déjà été tentée par l'Université de Harvard il y a trois ans. Ce cours avancé a été créé par elle. Elle installa des laboratoires nouveaux dans ses locaux; bref, elle eut environ 25 élèves qui lui coûtèrent 100 000 fr par an chacun, vu le coût de son installation.

Les étudiants savent très bien qu'après quatre ans de cours théoriques et pratiques, ils en savent souvent assez pour aller à l'usine; à part quelques rares exceptions, ils ne prennent aucune inscription pour le cours avancé. Je suis sûr que sous peu Columbia University fera comme Harvard, elle abandonnera sa trop coûteuse et trop infructueuse innovation. Je suis convaincu qu'en trois ans on peut préparer de bons ingénieurs électriciens, en supposant que les candidats aient au préalable un diplôme équivalent au baccalauréat en France.

Tenez, je vais vous dire ce qui m'a le plus avantageusement surpris : quelque chose que j'appellerais — inside out — et que vous traduiriez en français, je crois, par — le monde renversé.

Eh bien, ce qui me plaît beaucoup c'est le programme ou plutôt la façon de faire d'une école de Washington. Cette école se nomme *Bliss Electrical School. Elle forme des ingénieurs électriciens en un an, elle enseigne la théorie de l'électricité, presque sans mathématiques, à des jeunes gens de vingt ans qui travaillent à l'usine depuis cinq ou six ans.*

« Bliss School » a réellement fait une innovation pédagogique : la pratique d'abord et la théorie ensuite. Je vous répète que, de ce côté, on peut améliorer nos plans d'étude dans les universités, j'en suis sûr même, et sur cette question je ferai une étude spéciale.

Nombreux sont les professeurs et ingénieurs en Amérique qui disent que les ingénieurs électriciens doivent avoir une culture générale complète, que l'histoire, les langues, la littérature, l'étude des classiques sont très utiles, quasi nécessaires à la formation de leur esprit. « Bliss School », moins que toute autre école encore, n'est à même de donner en un an un enseignement aussi complet.

Bliss School forme des ingénieurs pratiques, des hommes de métier, des spécialistes, des chefs d'ateliers, des contremaîtres; ces ingénieurs-là n'ont pas besoin de faire des « humanités ».

Et puisque nous en sommes sur ce chapitre-là, je vous dirai que c'est aussi mon avis que les programmes d'enseignement pour les futurs ingénieurs électriciens laissent une place à l'histoire et à la littérature, mais je fais des réserves.

J'ai entendu un jour à Paris M. Lucien Poincaré qui critiquait à la Sorbonne votre mode d'enseignement de la mécanique. Il disait : « Vous vous efforcez d'expliquer à vos élèves ce que sont les forces, les masses, les résultantes, vous ne faites ainsi rien d'utile pour l'élève ingénieur métallurgiste ou électricien, vous lui faites des cours de philosophie et de métaphysique, apprenez-lui à calculer une force, une résultante, c'est tout ce dont il a besoin. »

Dans le même ordre d'idées, continua M. Mann, je pense que l'enseignement de la littérature, de l'histoire, l'étude des classiques, sont mal compris.

D'abord, quand l'étudiant entre à l'Université, il a fait des études secondaires qui lui ont appris l'histoire et la littérature. Ces études ont été superficielles, j'en conviens, il doit les parfaire à l'Université, tout en suivant son cours d'ingénieur. Mais, comme disait M. Lucien Poincaré, « pas de philosophie, pas de métaphysique », je dis : « pas d'analyse, pas de critique littéraires », le futur ingénieur n'aura jamais besoin de cela. Qu'il lise les meilleurs auteurs et qu'il se pénètre de leur esprit de logique, de justesse, de précision, qu'il apprenne par eux, et à travers leurs œuvres, à connaître l'âme de l'humanité. Tel est, en matière d'enseignement profane, le programme qui doit être suivi à l'Université par les élèves ingénieurs électriciens.

Certains professeurs ont prétendu qu'il était préférable de donner à l'élève sortant un sujet de thèse au lieu de le laisser en choisir un lui-même?

C'est bien et c'est mal. D'abord je vous dirai que la thèse et rien c'est absolument la même chose, et nous avons bien l'intention dans la fondation Carnegie de la supprimer complètement, du moins je donne en ce sens mon humble avis. La thèse sera remplacée, *par des thèses*, depuis la première année jusqu'à la dernière. Dès qu'un étudiant a quinze jours de présence à l'Université, il peut faire une petite thèse, une thèse chaque

Digitized by Google

mois, sur un sujet donné — voilà un enseignement qui me paraît bon parce qu'il est inductif et déductif.

En France, en Amérique, partout, nous commettons tous la même erreur : nous n'avons pas même pu comprendre que la *théorie doit être pratique* quand on veut former des ingénieurs. Si la théorie est pratiquement enseignée, l'élève ne fait *plus que de la pratique* et son éducation est parfaite.

En France, en Amérique, on pose aux élèves un problème de cette façon :

a) Quelle est la longueur L d'une barre de fer à t degrés, à t' degrés, α étant le coefficient de dilatation linéaire et L_0 sa longueur à 0° ?

b) Combien faudra t-il de coups de pistons avec une pompe aspirante de telle dimension pour vider un récipient de telle capacité, etc. ?

c) Quel est le rendement d'un moteur, etc. ?

De tels problèmes sont bien simples et s'ils étaient bien compris, c'est-à-dire *pratiquement résolus*, ils n'habitueraient pas l'élève à la routine ou ne le rendraient pas esclave du formulaire. En effet, dans les formules, il n'a qu'à remplacer les lettres par des chiffres.

Pourquoi ne pas lui demander :

a) Construisez-moi une voie ferrée de 10 km avec des rails de telles dimensions en tenant compte des espaces de dilatation ;

b) On veut construire un puits à telle profondeur, pour tel usage, quel genre de pompe, etc.

c) Voici trois moteurs qui me sont présentés par trois maisons différentes, lequel dois-je acheter, pourquoi ?

Telles sont les mêmes questions théoriques posées pratiquement. Et j'ajoute que, de plus en plus, l'ingénieur électricien est appelé à devenir un ingénieur commercial ; c'est pourquoi, depuis le début de ses études, il faut le préparer aux affaires en lui enseignant les prix de revient de tout le matériel qu'il emploie, et chaque solution d'un problème doit être accompagnée d'un devis. En un mot, je dis que *tous les problèmes doivent être considérés comme des projets*. C'est la seule façon de faire de la science appliquée, la seule dont ait besoin l'ingénieur électricien.

Opinion de M. Rowland (1).

Deux choses intéressent au plus haut point l'élève ingénieur électricien, quand il est à l'université :

1° Le rapport immédiat ou éloigné que les cours qui lui sont faits ont avec la situation qu'il désire avoir plus tard ;

2° La valeur du diplôme qu'il recevra et partant de la situation qui lui sera offerte quand il aura terminé ses études.

Il résulte de la première de ces considérations qu'il est très difficile de faire suivre assidûment aux élèves des cours d'histoire ou de littérature anciennes. Les étudiants ne voudraient apprendre que les choses qui se rapportent directement à leur future profession.

(1) Président de l'Université de Drexel, à Philadelphie.

De la deuxième considération, qui est comme le corollaire de la première, on peut déduire : qu'une université qui fera une trop large place dans son programme à des matières que d'aucuns qualifient d'inutiles, sera une université déconsidérée quant à la valeur de son diplôme.

Ceci dit, parlons des cours :

Chaque université d'Amérique a un programme spécial d'aménagement pour les élèves ingénieurs, mais on peut dire que la première année est une période de théorie dans les écoles. L'« Engineering Science » ne commence que la seconde année, quand les élèves ont des principes et des connaissances généraux suffisants. Les gens qui ont fait leurs « humanités », qui connaissent la poésie, la littérature, l'histoire, approuvent cet enseignement. Les vieux ingénieurs électriciens formés naturellement par la vieille école, condamnent un programme élaboré d'une façon aussi « anti-engineering ».

La tradition et les précédents sont deux éléments que l'on vainc difficilement.

Il y a quelques années, une grande compagnie américaine d'électricité voulait recruter quelques ingénieurs. A tous ceux qui se sont présentés pour obtenir les emplois offerts, cette compagnie remettait un imprimé sur lequel étaient écrites des questions auxquelles le postulant avait à répondre. De telles demandes étaient réellement naïves pour un ingénieur, cette compagnie le considérait comme ignorant l'A, B, C, de la pratique.

J'allai voir le directeur et lui fis part de ma surprise, il me dit :

« Tenez, dans cette salle travaillent vingt ingénieurs diplômés de nos meilleures universités, ils savent tous calculer, dessiner une machine, faire un problème, ils savent tout ce qui est « text-book » (le texte du livre). Si j'ai besoin d'un ingénieur pour un travail sérieux, j'appelle un homme de la « tool room » (de l'outillage) ».

Evidemment, ces ingénieurs ont des principes de science, mais ils n'ont jamais fait un pas dans le domaine de la science appliquée, ils n'ont aucune idée des affaires pratiques.

Les universités considèrent trop les cours scientifiques « comme un art » et elles nous envoient naturellement des *artistes*. Ils apprécient une pièce de mécanique, comme ils apprécieraient un morceau de musique ou une poésie. Leur esprit n'a pas été habitué à se dire : quand ? où ? pourquoi ? comment ? et jusqu'à quel point ? Cela fait pitié de voir tant d'ingénieurs qui déclinent toute question ne se rapportant pas immédiatement à la « scientific-classical ».

Je ne crois pas qu'il y ait un enseignement plus parfait que celui qui, à travers les « scientific and engineering subjects », infiltrerait doucement l'habileté de penser justement, clairement et bien. C'est ce que j'appelle la *culture*, et il faut que les ingénieurs en aient au même degré que tout homme instruit et éduqué.

Au sujet des cours du soir qui sont donnés dans de nombreux collèges et universités, M. Rowland dit :

Ces cours pratiques, théoriques ou techniques du soir sont très difficiles, très ingrats, si l'on considère le travail du professeur et les besoins de l'étudiant.

Digitized by Google

Le professeur ne peut pas admettre qu'un ouvrier intelligent désirant, par exemple, apprendre la théorie et la technique du téléphone, soit dispensé de connaître quelques principes d'électricité et de physique.

L'élève, de son côté, n'admettra pas que le professeur lui enseigne de la physique pure quand il veut de la téléphonie et rien d'autre.

A l'Université de Pennsylvania, des cours du soir ont lieu pour les ouvriers intelligents désireux de devenir contremaîtres. Les étudiants sont acceptés quelles que soient leurs connaissances en électricité, alors les cours sont très élémentaires dès le début, et — popularisés — de façon qu'aucune connaissance en mathématiques ou en sciences ne soit nécessaire. De tels cours ont donné jusqu'ici de très bons résultats. Il est évident que l'étudiant est fatigué le soir, et qu'il faut que le sujet soit vraiment captivant pour que l'élève s'y intéresse. Le succès des classes du soir dépend uniquement du zèle et de l'enthousiasme du professeur qui doit faire des *leçons de choses* très vivantes.

L'expérience a démontré que les cours faits gratuitement le soir ne donnent pas d'aussi bons résultats que les cours payants, si peu que ce soit.

Les cours du soir sont très efficaces, car le professeur est encouragé par des élèves « qui savent ce qu'ils veulent apprendre et pourquoi ils ont besoin de telle ou telle connaissance ».

Les cours du soir peuvent être faits pour trois catégories d'étudiants :

1° Les hommes qui ont reçu une instruction technique complète dans un collège et qui sont prêts à se spécialiser.

2° Les jeunes gens qui n'ont fait que des études primaires complètes et qui ont quelques principes scientifiques fondamentaux. Ils peuvent recevoir une instruction qui les fera entrer dans la catégorie n° 1 au bout d'un an.

3° Les hommes déjà âgés qui ont quitté l'école depuis longtemps, et qui ont besoin de quelques connaissances mathématiques et théoriques oubliées ou ignorées.

Si de tels cours sont suivis assidûment, les étudiants de ces trois catégories deviendront après trois ou quatre ans aussi précieux que les ingénieurs diplômés des universités.

A l'Institut Drexel, poursuit le professeur Rowland, les classes du soir ont été organisées d'une manière absolument satisfaisante :

Le principe de cette organisation est que les étudiants des cours du soir doivent avoir les mêmes opportunités de s'instruire que les étudiants des cours du jour.

A cet effet, d'abord, chaque professeur de cet institut est tenu de faire un cours, le soir; les laboratoires et l'atelier de l'école sont mis à la disposition des étudiants de 9 h à minuit.

L'école élabore un programme pour les cours du soir, comme pour les cours du jour et l'adresse aux intéressés sous forme de circulaire.

La section des sciences (électricité et métallurgie) seulement comprend vingt-trois classes, c'est-à-dire que chaque élève peut suivre tel ou tel cours dont il sent le besoin. L'étudiant est obligé de faire des devoirs écrits chez lui afin d'occuper son temps pendant les autres soirées où il n'y a pas de cours; et ces exercices sont toujours une étude sur la leçon précédente faite par l'instructeur.

Après avoir suivi régulièrement un cours pendant trois ans et passé avec succès un examen, l'étudiant reçoit le titre de « Major ». Bien souvent cette distinction est plus appréciée par les industriels que le diplôme universitaire d'ingénieur.

Pour les ouvriers électriciens assez intelligents n'ayant qu'une petite instruction primaire, il existe à l'institut Drexel un cours d'électricité appliquée. Pour être admis à suivre ce cours : dynamos, moteurs, lumière, bobinage, il suffit que l'élève connaisse l'arithmétique et la règle de trois.

L'institut Franklin, l'école de télégraphie de Pennsylvanie, ont institué des cours du soir pour leurs ouvriers et contremaîtres depuis 1824.

J'ai dit que je préférais que ces cours fussent payants la gratuité nuisant toujours à la qualité, mais je crois que certaines écoles ont trouvé la vraie solution : faire payer à l'élève un abonnement modique aux cours, lui discerner un diplôme de « major » en sa spécialisation et lui rembourser à l'issue de ses études les sommes qu'il aura versées.

Opinion de M. Carty (1).

M. Carty, dans un discours qu'il adressa en 1915 aux membres de la Société des ingénieurs électriciens de New-York, s'exprimait ainsi, quant à l'enseignement que reçoivent les élèves ingénieurs :

Il y a quarante ans, il n'y avait pas d'ingénieurs électriciens; maintenant leur nombre a tellement crû rapidement que l'ingénieur électricien a dû se spécialiser pour pouvoir trouver un emploi rémunérateur ou simplement une place sans être gêné, ni gêner son voisin.

Ce n'est ni l'enseignement ni les programmes des universités qui ont créé la spécialisation, ils n'ont fait qu'enregistrer l'effet de la cause. Cette cause c'est la nécessité, croissant de jour en jour, d'étudier une spécialité afin de trouver plus facilement un emploi.

Depuis quarante ans, les moyens de communication et de transport ont augmenté considérablement, d'autre part une quantité de nouvelles machines, et de nouveaux procédés de production ont été inventés, le produit de ces deux facteurs donne, comme résultat immédiat, la complexité du labeur. Et de cette complexité même est née la division du travail: la spécialisation. Il y a quarante ans, on pouvait dire que le travail de l'ingénieur électricien consistait exclusivement à dessiner une machine, à la calculer, à la mettre en marche. Mais aujourd'hui, si sa tâche est encore la même, elle est compliquée par un facteur économique qui intervient et dont il faut absolument tenir compte. L'ingénieur électri-

(1) Ingénieur en chef de l'American Telegraph and Telephone Co.

Digitized by Google

cien doit être à même de calculer à quel moment dans l'échelle économique, cette machine construite et réglée par lui donnera le maximum de rendement, pour un minimum de frais.

Tels que les programmes de nos universités sont élaborés aujourd'hui, on peut affirmer que l'ingénieur n'apprend qu'une partie de ce qu'il devrait connaître : la mécanique théorique et pratique d'une machine « Labor-Saving » (machine qui fait faire des économies de temps et d'argent). Si l'ingénieur n'a pas étudié les questions de droit et d'économie politique et industrielle, à la fin de l'année, quand il considérera toutes les charges résultant de l'emploi de cette machine qui, en principe, est une « labor-saving », il constatera qu'à rendement égal le travail est devenu plus onéreux que s'il avait été exécuté manuellement. De « labor-saving » la machine sera devenue « labor-increasing » (augmentation de charges).

L'économie apprise à l'université dirige les efforts qui seraient inutiles, il faut que tout le programme scientifique d'une université qui prépare des ingénieurs, soit soumis au « sens commun ». La Science, sans la science de la vie, est une science inutilisable. L'ingénieur ne doit pas vivre d'abstrait, mais produire des choses concrètes qu'attend l'humanité.

Il ne faut pas oublier qu'il y a une différence entre les recherches scientifiques de laboratoire et les recherches scientifiques industrielles : tandis que celles-là sont faites dans un but philosophique pour l'élargissement des connaissances humaines et l'acheminement vers la vérité, celles-ci ne sont entreprises que dans un but économique et utile.

Nos universités devraient s'efforcer de bien faire comprendre aux élèves cette différence entre la science pure et la science appliquée. Pourquoi n'y aurait-il pas, dans ces écoles, le laboratoire scientique et le laboratoire industriel ?

On a souvent vu des étudiants ou des ingénieurs qui font de très intéressantes découvertes scientifiques, mais ils ne savent pas en tirer profit. Ils sont comme des explorateurs qui ont besoin d'aides pour localiser les mines, pour étudier la flore et la faune du pays exploré.

Il va de soi que celui qui applique à l'industrie telle ou telle découverte gagne plus d'argent que l'inventeur, homme de pure science. Pourquoi les universités ne donneraient-elles pas une doublure d'hommes d'affaires aux hommes de science pour qu'ils exploitent eux-mêmes leur découverte et évitent ainsi l'exploitation dont ils seront inévitablement victimes.

Cet entraînement n'est possible que si l'étudiant apprend l'économie industrielle. On m'objectera que la recherche scientifique pure, pour l'amour de la vérité, est animée d'un mobile plus noble que celui qui conduit la recherche applicable à l'industrie ; mais l'amour de la vérité pure et simple est un luxe qui n'est pas permis à tous les ingénieurs.

On me dira aussi que des travaux de laboratoire conduisant à des réalisations, à des découvertes utiles et applicables à l'industrie, seraient considérés à l'université et par l'université comme des « money-making ». (Des institutions qui font de l'argent.)

Je réponds : ce sont des travaux pratiques et utiles, et qu'est-ce que l'on peut faire sans argent ?

Et de toutes ces objections, il ne reste rien devant ce principe : l'étudiant ingénieur électricien doit être accoutumé à travailler dans les formes utiles à l'industrie.

Quand il aura quitté l'université, il ne sera utile ni à l'humanité, ni à lui-même, s'il ne sait pas appliquer à l'industrie les découvertes en pure science que, le cas échéant, il peut mettre à jour. Je suis sûr qu'en ce moment, il y a de grands problèmes industriels qui seraient résolus par des découvertes et des inventions scientifiques faites dans les universités, mais les intéressés ne les connaissent pas, et si l'ingénieur en entend parler, il ne saurait les appliquer, car son cerveau n'a pas été entraîné à suivre le chemin souvent très difficile qui conduit de l'invention à l'application, de la science pure à la science appliquée.

(*A suivre.*)

Etienne Flagey.

Congrès général du Génie civil (*Suite*)

TRAVAUX DE LA SECTION II

Les rapports publiés par cette section (Industries des transports) sont au nombre de seize ; nous en avons analysé huit qui présentent un intérêt d'ordre général ; nous ne faisons que signaler les huit autres qui se rapportent à des industries d'un caractère spécial et qui sont :

Possibilités de l'aéronautique après la guerre, par M. le colonel G. Espitalier ;

Au sujet de la formation du personnel technique des usines d'aviation, par le colonel Roche ;

La propagande touristique, par M. Famechon ;

Fonction économique du tourisme, par MM. Auscher et Baudry de Saunier ;

Navigation maritime et les constructions navales, par M. Aubin ;

La situation de l'industrie automobile après la guerre, par M. Lumet ;

Projet de tunnel-laboratoire pour l'étude des moteurs d'aviation, par M. R. Soreau ;

L'industrie des pêches maritimes au point de vue de son développement économique, par M. Kerzoncuf.

Digitized by Google

Sur l'utilisation des forces et des produits de la mer (1).

Malgré tout l'intérêt que présente la question de l'utilisation des produits de la mer, nous ne nous y arrêterons pas car elle n'a pas de rapport avec l'électricité. Il n'en est pas de même de l'utilisation des marées pour produire de la force motrice.

Le rapporteur, M. Joubin, indique que depuis longtemps on a cherché à retenir dans des bassins l'eau de mer à marée haute et à s'en servir à marée basse pour actionner des moulins; mais on n'est pas encore arrivé à des résultats appréciables faute d'avoir retenu des masses d'eau assez considérables. Il pense cependant que, si on arrivait à fermer des baies suffisamment étendues dans des régions où la marée atteint des hauteurs assez considérables, 9 à 14 m, on pourrait actionner des turbines qui alimenteraient toute la région en énergie électrique. Le rapporteur termine en disant que, pour obtenir un résultat, il faudrait modifier notre législation actuelle qui est telle que l'opposition d'un seul propriétaire d'une parcelle de la rive suffit à empêcher toute exécution de travaux.

Comme conclusion, M. Joubin émet, pour la partie de son rapport qui nous intéresse, les deux vœux suivants :

1° Installation, à titre d'essai, d'une usine électrogène utilisant les marées sur un point de nos côtes;

2° Revision de la loi relative aux déclarations d'utilité publique en ce qui concerne les estuaires, les côtes et les cours d'eau.

Sur les moyens propres à développer l'emploi des moteurs à combustion interne dans la marine marchande (2).

M. Lumet montre qu'avant la guerre quelques timides essais seulement avaient été faits concernant l'application des moteurs Diesel ou semi-Diesel à la marine marchande et, en particulier, comme moteurs auxiliaires des grands voiliers. Il expose les entraves que notre législation a apportées au développement de l'application des moteurs à combustion interne.

M. Lumet étendant ses considérations, non seulement aux moteurs marins, mais à tous les moteurs à combustion interne, fait savoir que le propriétaire d'un moteur à combustion interne a à payer un droit de douane de 90 fr: t de combustible, tandis que le propriétaire d'un moteur utilisant la houille ne paye qu'un droit de 1,20 fr: t. Il faudrait donc, pour favoriser le développement des moteurs à combustion interne, que l'industriel utilisant ce type de moteur n'ait pas à payer une taxe supérieure à celle qu'il aurait à verser s'il employait une machine à vapeur. Dans l'établissement de la taxe, il y aurait naturellement à tenir compte du pouvoir calorifique du combustible et du rendement thermodynamique moyen des moteurs, de façon qu'il y ait égalité de taxe pour la calorie utilisée effectivement dans sa transformation en travail, qu'elle provienne de l'un ou de l'autre des combustibles, le dégrèvement demandé n'étant d'ailleurs applicable qu'aux huiles pour moteurs.

M. Lumet termine son rapport en émettant des vœux tendant à favoriser le développement des moteurs à combustion interne dans la marine marchande.

Sur le réseau de la navigation intérieure en France (1).

Le rapport de M. le colonel Espitallier, ainsi que celui de M. le docteur Ed. Imbeaux sur l'intérêt de la création d'un réseau de grande navigation intérieure en France et les principales conditions de l'établissement et de l'exploitation de ce réseau, rapport que nous analyserons plus loin, n'intéressent pas directement l'électricité, mais ils présentent une importance nationale telle que nous croyons utile d'en donner connaissance à nos lecteurs,

Si l'on compare le développement du trafic des voies ferrées et des voies navigables entre 1880 et 1913, on obtient le tableau suivant :

	Chemins de fer en millions de t-km	Rivières et canaux en millions de t-km
En 1880.....	12 870	1 500
En 1913.....	24 818	5 850

Donc, pendant cette période de trente-trois ans, le trafic avait sensiblement doublé sur les chemins de fer et presque quadruplé sur les rivières et canaux; mais il ne faut pas en déduire que l'état du réseau navigable français soit satisfaisant, ce développement n'est dû qu'à la nécessité des transports.

M. le colonel Espitallier montre qu'au contraire le réseau navigable français est incomplet et incohérent tant au point de vue régional qu'au point de vue national et il divise en trois chapitres la réorganisation de notre système de navigation intérieure : 1° l'aménagement rationnel du réseau, basé sur un programme complet des travaux à entreprendre ou à mener rapidement à leur achèvement; 2° les voies et les moyens, c'est-à-dire le système financier qui en assurera l'exécution; 3° le régime d'exploitation qui permettra d'en tirer tout le parti possible.

Le rapporteur examine successivement ces trois chapitres et montre, en passant, que le rendement maximum des voies navigables serait assuré par l'application générale de la traction mécanique.

L'intérêt de la création d'un réseau de grande navigation intérieure en France : principales conditions de l'établissement et de l'exploitation de ce réseau (2).

M. le docteur Ed. Imbeaux étudie également la question des transports par rivières et canaux, il examine le

(1) Rapport de M. Joubin.
(2) Rapport de M. Lumet.

(1) Rapport de M. le colonel Espitallier.
(2) Rapport de M. le docteur Ed. Imbeaux.

Digitized by Google

tracé que devrait avoir le réseau français de voies navigables pour répondre aux besoins du trafic national et international, il montre quel est le tonnage à attendre et fait voir les économies qu'on réaliserait en utilisant rationnellement les transports par voie d'eau.

De l'avis du rapporteur, toutes les voies d'eau devant assurer un gros tonnage devront être aménagées pour porter des bateaux d'au moins 600 t. Pour obtenir des prix de fret aussi faibles que possible, il serait utile de donner aux voies naturelles une largeur d'au moins 40 m et un tirant d'eau d'eau de 2,50 m et d'établir les écluses de façon qu'elles puissent contenir à la fois le convoi et son remorqueur; quant aux canaux, ils devraient avoir un tirant d'eau d'au moins 2,50 m et une section de 30 m², et être équipés pour la traction mécanique, soit par le système de tracteurs sur rails, soit par celui du halage électrique funiculaire de la Compagnie générale électrique de Nancy. Les canaux secondaires pour péniches devront également être équipés mécaniquement. Les chemins de fer et la navigation devront s'entr'aider et non se concurrencer. Un outillage complet et perfectionné devra assurer les manutentions et les transbordements entre les ports de mer, la navigation et les chemins de fer. Enfin, le rapporteur espère qu'une réglementation internationale uniformisera et facilitera les conditions de transport.

Comme conclusion aux rapports de M. le colonel Espitallier et de M. le docteur Imbeaux, le Congrès émet un certain nombre de vœux dont nous donnons ci-dessous les bases essentielles :

1° *a*) Elaboration par les collectivités et groupements industriels intéressés d'un programme de réorganisation du réseau intérieur de voies navigables;

b) Création de grandes artères reliant entre eux les grands ports d'une mer à l'autre, jonction de la Lorraine avec le Rhin et la Meuse, et de Marseille à Genève, ces artères devant supporter des bateaux de 550 à 600 t.

c) Réfection du réseau actuel pour qu'il permette partout la circulation de péniches de 300 t.

2° *a*) Création de nombreuses gares de transbordement munies de raccordements aux voies ferrées et d'un outillage perfectionné.

b) Création d'un *Office commercial des transports et de la navigation* assurant la collaboration efficace des chemins de fer et des services de navigation.

c) Modification des tarifs spéciaux de la voie ferrée et institution d'un système de tarifs communs.

3° *a*) Appel aux initiatives privées pour l'élaboration et l'exécution des projets, sous le régime de la concession, à des consortiums comprenant tous les groupements intéressés avec faculté de délégation à des sociétés fermières d'exploitation;

b) Unification du système de traction et généralisation de la traction mécanique.

c) Elaboration et application de mesures législatives et administratives aptes à favoriser le développement des transports par eau.

A la suite de ces vœux généraux dont nous n'avons d'ailleurs donné que les idées essentielles, le Congrès a émis également un certain nombre de vœux particuliers concernant l'amélioration de la Seine, la jonction du bassin métallurgique lorrain aux bassins houillers et à la mer, l'amélioration du Rhône, la Loire navigable et enfin le développement et l'amélioration du réseau du Sud-Ouest pour assurer des débouchés au port de Bordeaux.

Les usines hydro-électriques et la conservation des sites (1).

Le développement économique de la France met en présence deux industries intéressant également son avenir: l'industrie hydraulique et l'industrie du tourisme. La première cherche à utiliser l'énergie des cours d'eau avec le minimum de frais et le maximum de rendement, l'autre tient à assurer la conservation de la beauté des sites pour attirer le plus possible le touriste. Il en est résulté un conflit qu'il est nécessaire d'apaiser pour le plus grand bien de l'intérêt général.

Le Congrès du Génie civil et le Touring Club de France se sont occupés de cette importante question. Etant donné l'intérêt qu'elle présente pour les électriciens, nous allons analyser de près le rapport de M. Henri Defert.

Les usines hydro-électriques menacent la physionomie des sites et paysages par trois points: la création de la chute, l'établissement de l'usine et les ouvrages de distribution. De plus, les usines d'électrométallurgie et d'électrochimie présentent en outre l'inconvénient de dégager des fumées nuisant à la pureté de l'air et à la végétation,

Les travaux d'aménagement de la chute ont pour premier effet d'assécher le cours d'eau sur une partie plus ou moins grande de son cours, ce qui a pour conséquence de supprimer la fraîcheur qui entretient la flore dans la vallée de la rivière. D'un autre côté, les conduites forcées n'embellissent pas précisément le paysage.

M. Henri Defert estime, qu'avec un peu de bonne volonté, on pourrait très bien arriver, en créant des réserves d'eau convenables, à assurer aux cours d'eau un débit suffisant pendant la saison du tourisme, pour laisser aux sites leur physionomie primitive, et qu'il serait encore plus facile de « camoufler » les conduites forcées sans qu'il en résulte des frais importants.

Pour ce qui est de l'usine, les architectes pourront très bien édifier des bâtiments qui ne déparent pas le paysage. Mais si l'usine peut être rendue presque esthétique, il n'en est pas de même des lignes de transport d'énergie, les fils, poteaux, pylônes, filets protecteurs, etc., n'étant pas faits précisément pour charmer les yeux. Cependant, il serait possible d'instituer un service de contrôle qui veillerait à ce que les lignes de transport nuisent le moins possible à l'aspect du paysage.

(1) Rapport de M. Henri Defert.

Digitized by Google

Quant aux fumées, s'il n'est pas toujours possible de les supprimer totalement, on peut en atténuer considérablement les effets et l'autorité publique doit veiller à ce que les règlements qui les concernent soient respectés.

Il existe, en France, certaines régions de beauté légendaire qu'il ne faut à aucun prix laisser dénaturer par l'installation d'usines hydrauliques, mais dans la majorité des cas, il faut qu'il y ait entente entre les intéressés, l'utilisation des ressources hydrauliques de la France ayant une importance capitale pour le développement de l'industrie français, et le tourisme étant de son côté une source de richesses.

M. Henri Defert voudrait que soient créés de puissants emmagasinements d'eau qui permettraient d'assurer un débit régulier et constant tant pour les turbines que pour les rivières qui coulent des flancs des montagnes; la dépense serait sans doute, très importante mais le rapporteur estime que finalement l'intérêt général y trouverait un bénéfice, l'usinier et le touriste étant tous deux satisfaits.

Comme conclusion de cette étude, le Congrès a émis les vœux suivants:

1° Qu'une entente bénévole s'établisse entre les exploitants des forces et des beautés naturelles du territoire national également intéressés à l'utilisation des unes et à la conservation des autres et qu'à l'exemple du Comité des forces hydrauliques et du Touring-Club de France, l'utilisation de commissions mixtes d'étude des projets de dérivation des cours d'eaux et des constructions d'usines soit généralisée entre les divers groupements intéressés;

2° Qu'il soit procédé à une étude d'ensemble pour l'aménagement en montagne, sur des points bien choisis, de barrages et réservoirs propres à régulariser le débit des rivières et à rendre ainsi possible une meilleure et plus complète utilisation des forces hydrauliques du pays, tout en assurant la sauvegarde de ses beautés naturelles.

Sur les moyens propres à faciliter la création des embranchements particuliers plus que jamais indispensables pour l expansion industrielle en présence de la pénurie de main-d'œuvre (1).

Les embranchements industriels, qui permettent au chemin de fer d'apporter directement dans l'usine même les marchandises qui lui sont nécessaires, présentent des avantages qui s'affirment de plus en plus.

Ils évitent à l'industriel un camionnage coûteux et un transbordement en gare qui peut nuire à la qualité des matières transportées. Ils évitent également la détérioration des routes par des charrois nombreux et lourds et permettent ainsi une sérieuse économie d'entretien de ces routes.

Les chemins de fer eux-mêmes trouvent de grands avantages à l'emploi des embranchements industriels dont l'établissement leur évite l'extension de leurs voies de manutention, extension souvent très difficile à réaliser et coûtant toujours fort cher.

Mais la création des embranchements industriels rencontre souvent de grosses difficultés; les propriétaires des lopins de terre que la voie doit traverser montrent presque toujours des exigences inacceptables, et de plus, lorsqu'il faut traverser leur route, l'administration gérante n'accorde pas facilement l'autorisation nécessaire, se retranchant derrière des règlements qui datent d'avant la Révolution et qui n'ont pas été rajeunis pour l'ensemble du domaine public auquel ils s'appliquent.

La permission de voirie nécessaire à la traversée d'un chemin par un tiers découle de règlements antérieurs à 1789 et de règlements établis en conformité des lois du 29 floréal an X, 16 décembre 1811 ou 21 mai 1831 et 30 mai 1861, en vue d'assurer la facilité de la circulation et la conservation des routes.

En ce qui concerne la voirie nationale et départementale, le préfet a tous pouvoirs pour refuser ou accorder les traversées demandées. Pour la petite voirie qui se subdivise en voirie vicinale, voirie rurale et voirie urbaine, il est admis que le maire est seul qualifié pour accorder ou refuser l'autorisation sollicitée toutes les fois que la voie empruntée ou traversée a un caractère nettement communal. Mais en fait tous les services de voirie sont, soit rattachés à l'administration des Ponts et Chaussées, soit confiés à un corps spécial d'agents voyers, de telle sorte que c'est de l'avis de ces fonctionnaires que dépend l'établissement des embranchements industriels et ils sont généralement peu enclins à accorder l'autorisation sollicitée, quoique les traversées à niveau des voies industrielles gênent fort peu la circulation sur la route et, au contraire, la décongestionnent en grande partie en évitant les longues files de camions qui remplaceraient le raccordement à la voie ferrée.

M. Albert Henry estime que la déclaration d'utilité publique pour les chemins de fer industriels viendrait aplanir toutes les difficultés qu'ils rencontrent actuellement.

Malheureusement, ce chemin de fer est mal défini par notre législation, on n'a fait que le prévoir dans les lois du 12 juillet 1865 (art. 8), 11 juin 1880 (art. 22), du 31 juillet 1913 (art. 43) sans que jamais un texte législatif précis soit venu le réglementer. Il est assimilé aux chemins de fer d'intérêt général et entraîne le même appareil pour sa création bien qu'il soit d'un caractère tout différent. On n'y a donc recours que contraint et forcé par les circonstances.

Le rapporteur, après avoir examiné toutes les modifications que l'on pourrait apporter à la législation des chemins de fer industriels, pense que la meilleure solution serait d'avoir recours à une loi nouvelle et il propose comme conclusion à son rapport le projet de loi suivant:

« **Projet de loi**. — ARTICLE PREMIER. — Peuvent être déclarés d'utilité publique à la demande des intéressés et si l'intérêt économique de la Nation le justifie, et dans les conditions qui suivent, les embranchements

(1) Rapport de M. Albert HENRY.

Digitized by Google

particuliers préalablement autorisés en vertu de l'article 62 du cahier des charges des chemins de fer d'intérêt général ou de l'article 61 du cahier des charges type des voies ferrées d'intérêt local.

» ART. 2. — L'utilité publique ne peut être accordée pour les embranchements indiqués ci-dessus qu'autant que les usines ou établissements qu'ils sont appelés à desservir satisfont à l'une des conditions suivantes :

» *a*) Occuper à l'usage industriel, commercial ou agricole, une superficie soit de deux hectares à découvert ou de un hectare à couvert, soit l'équivalent par la somme des surfaces à couvert et à découvert, un hectare à couvert comptant pour deux hectares à découvert ;

» *b*) Occuper 50 ouvriers ou employés de l'un ou l'autre sexe ;

» *c*) Disposer d'une force motrice de 100 ch ou de 75 kw ;

» *d*) Avoir une concession pour un service public (national, départemental ou communal).

» ART. 3. — La déclaration d'utilité publique a lieu après enquête, par décret rendu en Conseil d'État.

» ART. 4. — Lorsque l'utilité publique a été déclarée, il est procédé, conformément à la loi du 21 mai 1836, à l'expropriation des parcelles reconnues nécessaires à l'établissement de l'embranchement à l'exclusion des propriétés bâties.

» ART. 5. — L'État se réserve d'étendre la déclaration d'utilité publique en faveur des embranchements qui viendraient se greffer sur celui préexistant ou qui seraient établis en prolongement de la même voie.

Le titulaire de la première voie d'embranchement ne pourra mettre obstacle à ces nouveaux embranchements, ni réclamer, à l'occasion de leur établissement, aucune indemnité quelconque, pourvu qu'il n'en résulte aucun obstacle à la circulation, ni aucun frais particulier pour lui.

» Les divers embranchés auront la faculté, moyennant le remboursement de leur part dans les dépenses déjà engagées et à engager comme travaux de premier établissement, travaux complémentaires et travaux d'entretien, et comme frais d'exploitation, de faire circuler leur matériel ou celui appartenant aux grands réseaux de chemins de fer d'intérêt général ou d'intérêt local sur les divers tronçons ayant fait l'objet de la déclaration d'utilité publique.

Dans le cas où les divers intéressés ne pourraient s'entendre entre eux sur la fixation de cette part, et les conditions d'exploitation commune, il serait statué sur les difficultés qui s'élèveraient entre eux à cet égard, par voie d'arbitrage, le tiers arbitre, s'il y a lieu, statuant en dernier ressort sans appel.

» ART. 6. — Si l'État, le département ou la commune exigent une redevance, au seul cas, bien entendu, où il y aurait occupation du sol public, national, départemental ou communal, la totalité des redevances à réclamer annuellement ne pourra être supérieure aux sommes payées par l'industrie au chemin de fer comme frais de fourniture et d'envoi de matériel roulant sur l'embranchement.

» ART. 7. — Un règlement d'administration publique indiquera sous quelle forme pourra être demandée et obtenue la déclaration d'utilité publique pour l'établissement des embranchements dont il s'agit, sans toutefois que l'élaboration de ce règlement soit suspensive de l'application immédiate de la loi, sous telle forme qu'il conviendra, et en tenant compte des circonstances jusqu'à l'application dudit règlement. »

Sur l'utilisation des ports de commerce (1)

M. Jean Hersent fait un exposé de la situation actuelle des ports de commerce français, situation qui n'est pas très satisfaisante, nos ports ne répondant plus aux besoins actuels et manquant presque tous, sauf le Havre d'une voie fluviale les reliant à l'intérieur. En particulier il serait de toute nécessité de relier par voie d'eau la Suisse avec nos ports français pour attirer vers eux les marchandises provenant et à destination de l'Europe centrale.

M. Hersent divise le sujet en quatre chapitres : la construction, l'outillage, l'exploitation et les zones franches des ports.

CONSTRUCTION. — Le rapporteur montre d'abord que, pour obtenir que les travaux faits dans les ports satisfassent le mieux aux conditions d'exploitation, il faut que l'avis de l'exploitant soit demandé ; un bon résultat pourra être obtenu en mettant au concours les projets des travaux à exécuter dans les ports. De plus, au lieu de dépenser des sommes considérables réparties sur un nombre très grand de ports, il serait de toute nécessité de concentrer les dépenses sur les principaux ports.

L'aménagement des bassins, digues, jetées d'après les méthodes françaises présente de grands avantages, mais a l'inconvénient d'entraîner à de très fortes dépenses, et d'être d'une exécution lente. M. Hersent pense que l'on pourrait remplacer, à l'intérieur des bassins, les môles ou traverses en maçonnerie pleine par warfs ou piers, jetées ou estacades construits en fer, bois ou ciment armé, ces ouvrages seraient d'un prix de revient beaucoup plus faible, et auraient l'avantage de pouvoir être construits rapidement, et détruits facilement, si une extension ultérieure du port l'exige.

Il serait également désirable de munir nos principaux ports de rades-abris, permettant aux navires d'attendre la marée pour rentrer au port, sans avoir à stationner en pleine mer de longues heures, si ce n'est plusieurs jours en cas d'encombrement, avant leur tour de rentrée au port. Au point de vue militaire, ces rades-abris pourraient abriter une flotte destinée à la protection du port.

OUTILLAGE. — Les améliorations dont on vient de parler seraient insuffisantes si l'outillage des ports n'était pas perfectionné pour toutes les opérations de transit, marchandises ou voyageurs. Tout port doit être

(1) Rapport de M. Jean HERSENT.

Digitized by Google

muni d'engins de levage variés et puissants, de vastes terre-pleins et hangars, de voies ferrées amenant les wagons auprès des navires et à l'arrière des quais, d'un réseau étendu de voies de garage, de stationnement et de triage. Comme conclusion à cette partie de son étude le rapporteur demande que l'étude de l'outillage et voies ferrées soit faite en même temps que celle des ouvrages fixes et sur un plan d'ensemble, que l'outillage soit modernisé, que de vastes terre-pleins d'au moins 300 m de profondeur soient prévus derrière les quais ; et que soient exécutés des raccordements judicieux des voies de quais avec les lignes de départ.

M. J. Hersent demande ensuite que les bassins de marée en eau profonde soient développés pour éviter de longues attentes aux navires avant d'entrer dans les bassins à flot et que l'on construise le plus grand nombre possible de bassins de radoub à double entrée qui permettent la réparation d'un grand navire ou de deux plus petits, sans que, dans ce cas, l'entrée ou la sortie d'un des navires dépende de celle de l'autre.

Régimes d'exploitation et zones franches. — Le rapporteur étudie d'une façon très approfondie les différents régimes d'exploitation des ports à l'étranger et en France et examine en particulier le régime de l'autonomie et celui de la concession avec ou sans garantie, et termine en montrant l'utilité de la création de zones franches dans nos ports. Voici les vœux qui servent de conclusion à la dernière partie de l'étude de M. J. Hersent.

I. — Considérant que le régime actuel de nos ports doit être en rapport avec les nécessités économiques du pays et que le développement de ces ports ainsi que leur meilleure exploitation sont devenus indispensables.

Considérant que l'avenir de nos ports de commerce et les moyens d'en tirer avantageusement parti dépendent uniquement des décisions à prendre par l'État.

Le Congrès émet le vœu que l'État, avant d'engager de nouvelles et importantes dépenses, ait recours, pour la construction et l'exploitation de nos ports de commerce : soit au régime d'une Administration autonome conçue sur des bases pratiques et industrielles, soit au système des concessions avec ou sans garantie d'intérêt.

II. — Considérant que la loi sur l'autonomie des ports votée en 1912 a donné lieu à un règlement d'Administration qui ne tient pas suffisamment compte des desiderata exprimés par les Chambres de commerce et qu'en conséquence l'application s'en est trouvée empêchée.

Le Congrès émet le vœu : que la loi de 1912 soit maintenue et le règlement paru en 1916 modifié et que dans la composition du Conseil de direction, il soit réservé une place plus importante aux représentants compétents de l'industrie, du commerce et de la marine, non seulement de la localité mais de la région intéressée au développement du port.

III. — Considérant que, dans les ports où le régime d'autonomie ne serait pas appliqué, la dispersion des chapitres de recettes et dépenses entre plusieurs services ou organismes : services des travaux, de l'outillage des chemins de fer, etc., ne permet pas d'avoir une vue d'ensemble aussi bien sur l'importance du port que sur les sacrifices consentis à son développement, son entretien et son exploitation.

Considérant, d'autre part, que de l'état actuel des choses, il résulte que les recettes et produits sont considérés par l'État comme formant une masse à répartir ensuite indifféremment sur tous les ports, en sorte que les ports déficitaires vivent aux dépens des ports bénéficitaires, alors que ceux-ci sont parcimonieusement pourvus des installations qu'appellerait précisément le développement de leur trafic.

Le Congrès émet le vœu : que chaque port centralise la comptabilité de tous les services de manière à faire établir annuellement un bilan de recettes et dépenses afférentes à chaque port, en même temps qu'une bonne statistique.

IV. — Considérant que la création de zones franches où les marchandises pourraient être entreposées en franchise, mélangées, améliorées, transformées, mais non usinées, aurait pour conséquence d'accroître le mouvement maritime et l'activité industrielle qui en dérive.

Le Congrès émet le vœu qu'il y aurait lieu, dans l'intérêt du commerce général, d'autoriser, dans l'enceinte douanière de nos grands ports, l'essai de zones spéciales, appelées *zones franches*, dans lesquelles les marchandises pourraient être entreposées en franchise, mélangées, améliorées, transformées, mais non usinées et sans formalités spéciales douanières dans l'intérieur de la zone.

(*A suivre.*)

Digitized by Google

Assemblées générales

Société avignonnaise de l'Électricité.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 29 MARS 1918.

Des comptes présentés par le Conseil d'administration, il ressort que les affaires de la Société se développent d'une façon normale. En effet, les recettes ont atteint le chiffre de 315 886,95 fr contre 296 084,56 fr pour l'exercice précédent. Les bénéfices nets, 118 605,56 fr, permettent, après l'attribution des sommes destinées à la réserve légale et aux amortissements, la répartition d'un dividende de 7 pour 100 aux actionnaires, alors que l'année précédente il n'avait été que de 6 pour 100.

Les chiffres des différents postes du bilan ne donnent lieu à aucun commentaire; les disponibilités se montant à 174 305,95 fr, la trésorerie se trouve fort à l'aise.

Les difficultés actuelles, qu'il est fastidieux d'énumérer car nos distributeurs d'électricité ne les connaissent que trop pour les subir journellement, n'ont eu qu'une faible répercussion sur la marche ascendante de la Société, la baisse dans les recettes éclairage, due aux restrictions officielles, ayant été compensée par une plus-value sur les recettes force motrice. La Société continue donc à donner entière satisfaction à ses actionnaires.

La Société avignonnaise d'Électricité est l'une de nos sociétés régionales françaises qui, créée avec un programme bien défini, prouve, par les résultats de son exploitation, que les capitalistes peuvent trouver en France un placement de tout repos et à un taux autrement rémunérateur que celui consenti par la majorité des valeurs plus ou moins exotiques.

Forges et Ateliers de la Longueville.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 26 MARS 1918.

La Société a effectué, durant cette année, l'installation provisoire de ses ateliers à Levallois-Perret comprenant deux divisions : 1° une boulonnerie; 2° un atelier d'usinage d'obus.

Grâce à un outillage perfectionné, la boulonnerie a été rapidement en mesure de profiter des énormes besoins actuels en boulons, rivets et tire-fond; cette fabrication a déjà donné des résultats appréciables.

Cet atelier qui, après la guerre, sera transféré à la Longueville, possède des machines-outils les plus perfectionnées; au fur et à mesure que la Société reçoit ses machines d'Amérique, elle les installe pour développer la fabrication; au cours de 1918, elle espère posséder une usine modèle dans ce genre d'industrie.

De même pour l'usinage d'obus on a utilisé les tours qui avaient été achetés pour l'usine de la Longueville; dès la cessation des hostilités ces machines-outils destinées aux ateliers de matériel de chemin de fer seront transportées et installées définitivement à la Longueville; la Société sera ainsi en mesure de profiter immédiatement de la reprise des affaires industrielles.

Le Conseil donne à ses actionnaires des renseignements sur les affaires dans lesquelles elle a une participation.

Le *Matériel roulant* construit de grands ateliers près de Fourchambault sur un terrain de 55 hectares au bord de la Loire, 10 000 wagons pourront y être fabriqués par an; une commande de 7 500 wagons de 20 t a déjà été soumissionnée.

Fonderies et Ateliers de Constructions de Fourchambault et de La Pique. — L'usine principale de Fourchambault est en train de s'augmenter d'une fonderie d'acier au cubilot. L'usine de la Pique s'est spécialisée dans la fourniture des pièces pour matériel de chemin de fer. Une entente est intervenue avec le « Matériel roulant » pour la fourniture des ferrures de wagons.

Société espagnole de constructions électromécaniques. — Cette Société a pour objet la construction, la réparation, la location, l'achat et la vente de toutes machines, notamment de celles destinées à produire ou utiliser l'énergie électrique.

Le sud de l'Espagne offrant des possibilités d'installation d'usine d'électrolyse du cuivre et des débouchés pour l'industrie électrique, la Société espagnole a décidé d'implanter ses usines dans cette région. Elle a acquis environ 160 hectares de terrains non loin de Cordoue près de la bifurcation des chemins de fer de Séville et de Malaga.

Le projet comprend : un atelier de construction de machines électriques, une tréfilerie et une câblerie, une laitonnerie, une usine pour l'électrolyse du cuivre standard.

La Société s'est assuré le concours financier des groupes espagnols puissants ainsi que de la Société Peñarroya, le Rio Tinto, le groupe Schneider-Turpain, etc.

La *Société industrielle d'électricité pour la Russie* ne peut, dans les circonstances actuelles, poursuivre son programme.

L'Assemblée décide ensuite d'ajourner jusqu'à nouvel ordre l'approbation des comptes de l'exercice 1917 et l'affectation du solde de cet exercice.

BILAN AU 30 SEPTEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Actionnaires	15 000 000 »
Frais de constitution et augmentation du capital de la Société	135 562,35
Terrains et raccordement en pays occupé	1 046 393 »
Ateliers et divers en pays occupé	1 902 760,06
Ateliers à Levallois-Perret	1 583 690,78
Magasins, fabrications en cours à Levallois-Perret (approvisionnements et produits fabriqués)	959 347,58
Disponibilités (caisse, banques et débiteurs divers)	3 481 465,60
Affaires en participation	12 911 050 »
Portefeuille-titres	1 066 865,50
Titres à libérer (compte d'ordre)	3 000 000 »
	41 087 134,87

Passif.

	fr
Capital : 100 000 actions de 250 fr	25 000 000 »
Créditeurs divers	2 929 955,30
Sommes dues sur participations	9 688 017 »
Versements restant à effectuer sur titres (compte d'ordre)	3 000 000 »
Profits et pertes	469 162,57
	41 087 134,87

Digitized by Google

Société Nilmelior.

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES ORDINAIRE ET EXTRAORDINAIRE DU 5 FÉVRIER 1918.

Le solde de l'exercice 1916-1917 s'élève à 360985,28 fr sur lesquels la Société décide de verser : 5 pour 100 à la réserve légale, un dividende de 5 fr aux 12500 actions anciennes, 10 pour 100 au Conseil d'administration, 5 fr de superdividende et enfin 5 fr de dividende aux 7500 actions nouvelles.

Le solde à reporter est de 1918,58 fr.

L'assemblée décide le paiement d'un acompte de 5 fr brut, soit net 4,45 fr aux coupons n° 15 et n° 16.

Un accord a été passé avec la Société « Vapor » pour la licence exclusive de brevets de carburateurs.

Dans la séance extraordinaire qui a suivi, l'assemblée décide de porter le capital de 2 à 4 millions par l'émission d'actions nouvelles de 100 fr chacune. Cette émission aura lieu en une ou plusieurs fois, le montant des actions nouvelles sera payable un quart lors de la souscription, le surplus aux époques et dans les proportions fixées par le Conseil.

L'assemblée décide aussi de réserver les droits des actionnaires français ou alliés qui seraient empêchés, par suite du fait de guerre, de faire usage de leur droit de préférence pour la souscription tant des actions nouvelles créées lors des émissions de 500000 fr et 750000 fr de 1915 que des actions à émettre; un délai de six mois après le décret mettant fin aux hostilités leur sera accordé pour faire connaître leur désir.

Le Conseil est autorisé à contracter l'emprunt, il peut employer le produit des émissions d'obligations nouvelles au rachat éventuel de 750000 fr de bons décennaux hypothécaires actuellement en cours.

BILAN AU 30 SEPTEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Terrains et bâtiments	496 386,50
Matériel et agencement	872 974,69
Aménagements	221 285,01
Caisses et banques	70 424,51
Clients débiteurs	1 225 099,36
Cautionnements	33 834,80
Magasins	3 189 869 »
Portefeuille	10 002 »
Actionnaires acomptes sur dividende	55 787,75
Frais d'augmentation de capital	99 720 »
	6 275 383,52

Passif.

	fr
Capital actions	2 000 000 »
Obligations	750 000 »
Réserve légale	113 746,90
Réserve spéciale	50 000 »
Primes sur émission	150 000 »
Fonds d'amortissements	213 534,37
Fournisseurs	984 988,43
Créditeurs divers	1 517 467,81
Avances sur commandes	98 524,05
Retraites ouvrières	10 834,15
Caisse de secours des ouvriers	12 515,77
Dividendes à payer	1 378,61
Soulte à payer aux actions anciennes	11 408,15
Bénéfices bruts industriels	348 664,02
Solde de l'exercice précédent	13 321,26
	6 275 383,52

Société Générale pour favoriser le développement du Commerce et de l'Industrie en France.

Dans son rapport aux actionnaires de la Société Générale, réunis le 25 mars 1918 en Assemblée générale, le Conseil indique d'abord que désireux de contribuer le plus largement possible au développement du commerce extérieur de la France, il a obtenu dans cette direction, par des ententes avec d'importantes institutions américaines, par les liens étroits établis avec la Banque Française et Italienne pour l'Amérique du Sud, par la création de la Banque Française du Chili, des résultats intéressants faisant bien augurer de l'avenir. A l'intérieur, la reprise des affaires s'est manifestée par l'augmentation des opérations d'escompte et la diminution constante du chiffre des risques moratoriés.

Le rapport énumère les affaires d'intérêt général et régional auxquelles la Société Générale a prêté son concours soit sous forme d'opérations d'émission, soit comme participant à des crédits ouverts à l'État français dans divers pays neutres. Les souscriptions à l'Emprunt national 4 pour 100 faites par l'intermédiaire de l'Établissement ont atteint le chiffre de 1 milliard 30 millions en capital, dépassant 41 millions de rente.

D'autre part, la réorganisation des diverses affaires intéressant la clientèle a suivi un cours généralement favorable. C'est ainsi que les accords récemment intervenus entre le Brésil et la France auront, entre autres heureux résultats, celui de permettre à plusieurs des entreprises françaises du Brésil de payer leurs coupons échus et de régler ainsi leur situation vis-à-vis de leurs obligataires.

Le résultat de l'exercice assez satisfaisant, l'aurait été bien davantage si l'augmentation des bénéfices n'avait été compensée dans une large mesure par l'accroissement des dépenses du personnel.

Par suite de la hausse générale des salaires, il a été nécessaire de réaliser, comme dans les autres industries et dans les administrations publiques, en faveur du personnel, d'importantes améliorations, soit sous forme d'augmentation de traitement, soit sous forme d'indemnités temporaires de cherté de vie. En outre, le Conseil a cherché à reconnaître le dévouement et le zèle de ses agents par d'autres mesures, telles que allocations spéciales pour charges de famille, congés payés, création d'une coopérative de consommation.

Après avoir rendu hommage à la mémoire de MM. Bleuze et Minvielle, directeurs au siège, tous deux décédés au cours de l'exercice, le rapport exprime ses regrets de la démission de MM. Defontaine et Wagner et demande aux actionnaires de ratifier l'entrée dans le Conseil de plusieurs représentants de la grande industrie, MM. Dujardin-Beaumetz, Dupuis, Edouard Gouin et Nicou.

Sur le produit net de l'exercice qui s'est élevé à 12 798 000 fr, le Conseil a proposé de prélever 12 500 000 fr pour servir aux actions un intérêt de 5 pour 100 a raison de 12,50 fr par titre, sous déduction des impôts.

Les Censeurs commissaires se sont entièrement associés aux propositions du Conseil, donnant notamment leur pleine adhésion à la proposition ayant pour objet une répartition de 5 pour 100.

L'Assemblée a fait un excellent accueil aux déclarations du Conseil et a voté à l'unanimité toutes les résolutions présentées.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Un projet de loi sur les distributions d'énergie en Autriche

L'économie nationale, dans chacun des pays belligérants, ne retrouvera pas son équilibre dès le retour de la paix; la cessation des hostilités marquera, au contraire, une recrudescence de la demande, dans le monde entier, alors que l'offre restera à la merci d'une production diminuée dans ses moyens: charges financières, main-d'œuvre, matières premières, transports, change, autant de facteurs qui risquent, en paralysant le développement économique d'un pays, de provoquer de redoutables crises, prodromes de bouleversements plus profonds encore. Aussi comprend-on les préoccupations qui assaillent les gouvernements prévoyants et leur souci de laisser le moins possible au hasard, au cours de cette période de transition qui séparera l'état de guerre de la paix reconquise.

Le pays qui, le premier, sera en mesure d'offrir ses produits sur le grand marché mondial aura, sur les autres, un avantage écrasant. Mais, pour produire, il faut des matières premières et des machines, et, pour actionner ces machines, de la force motrice à bon compte. Or, comme les échanges internationaux seront rendus difficiles, d'abord par la pénurie des moyens de transport et aussi par le souci des divers pays de réserver à leurs propres industries les matières premières dont ils disposent, chacun en hâte inventorie dès maintenant ses ressources, supputе ce qu'il pourra en tirer en les utilisant au mieux, cherche, en un mot, à s'armer pour la lutte économique sans le secours de l'étranger.

Dans cet ordre d'idées, le problème de la force motrice est, avec les matières premières, celui qui retient plus particulièrement l'attention des gouvernements. La mise à la disposition des diverses industries d'une énergie abondante et à bon marché, n'est-ce pas la question si délicate de la main-d'œuvre et celle des transports intérieurs en partie résolue? C'est, en tout cas, la possibilité de produire vite par grandes masses et au meilleur prix de revient. Aussi n'est-il pas sans intérêt de voir ce que font ou ce que comptent faire, à cet égard, nos voisins alliés, neutres ou ennemis qui tous, demain, ne l'oublions pas, seront des concurrents. Nos lecteurs connaissent le rapport rédigé en avril 1917 par le Sous-Comité des Économies du charbon dépendant du ministère de la Reconstitution de la Grande-Bretagne en vue d'organiser la production et la distribution de l'énergie électrique en Angleterre: division du territoire en 16 régions, fusion des entreprises existantes et création de puissantes stations centrales installées à proximité des houillères alimentant le réseau à créer en courant de même fréquence, de même nature et de même tension, fixation d'un prix de vente maximum, etc. (1). En Allemagne également on songe, dès la fin des hostilités, à créer de puissantes centrales régionales chargées d'assurer la force motrice et le chauffage nécessaires soit à l'industrie, soit aux usages domestiques, soit, enfin, à l'agriculture. Il paraît même probable que toute la fourniture de charbon et de force motrice sera un monopole d'État exploité sans doute par une Société fermière avec participation de l'État aux bénéfices. Et voici qu'un ingénieur suisse, M. Michel Zack nous fait parvenir une note substantielle sur les intentions du gouvernement autrichien en ce qui touche la même question. Le 5 février dernier, le ministre autrichien des Travaux publics a déposé au Reichsrath un projet de loi très complet destiné à mettre à la disposition des consommateurs de plus grandes quantités d'énergie électrique à meilleur marché. Dans l'exposé des motifs, le ministre déplore que l'emploi de l'électricité soit aussi peu répandu en Autriche: la consommation de puissance électrique n'y est que de 20 kw: 1 000 habitants tandis que dans les autres pays se trouvant dans des conditions semblables, elle atteint 200 kw et plus même. Recherchant les causes de cette infériorité, le ministre en dénombre trois: 1° retard dans la mise en exploitation des forces hydrauliques; 2° absence d'un plan systématique dans l'établissement des centrales de production, édifiées au hasard des circonstances locales; 3° dispersion trop accentuée de la production de la force en un très grand nombre de petites installations dont le coefficient d'utilisation est déplorable. Ainsi, les installations de moins de 100 kw qui représentent 59 pour 100 du total ne participent à la production de l'ensemble des centrales que dans la proportion de 4 pour 100 au lieu que les installations de 500 kw, bien moins nombreuses (1,50 du total), assurent cependant 50 pour 100 de la production.

Pour remédier à cet état de choses, le gouvernement autrichien propose de déclarer que, désormais, nul ne pourra produire et distribuer l'énergie sans une concession ou une autorisation de l'État. Les entreprises concédées se répartiront en trois catégories: les entreprises *publiques*, concédées à des collectivités de droit public; les entreprises *mixtes*, simplement soumises au contrôle de ces collectivités; les entreprises *privées*. La durée de la concession sera de quatre-vingt-dix ans pour la première catégorie, quatre-vingt-dix ans au maximum pour la seconde, soixante ans seulement pour la troisième. La

(1) Voir *R. G. E.*, 23 mars 1918, t. III, p. 427.

Digitized by Google

concession conférera certains avantages et notamment les bénéfices des servitudes pour l'établissement des canalisations et même la faculté d'exproprier. En outre, l'État pourra prêter son concours aux concessionnaires, soit sous forme d'avances en argent, soit en exécutant lui-même une partie des travaux, soit, enfin, en garantissant un minimum de consommation. Par contre, l'Administration contrôlera l'aménagement des stations et des réseaux qui devront être munis des derniers perfectionnements; le concessionnaire sera tenu d'exploiter et de fournir le courant à qui en fera la demande. Mais il ne bénéficiera pas du monopole des installations privées qui pourront continuer à être faites par les petits entrepreneurs. Les tarifs devront être uniformes pour tous les clients se trouvant dans les mêmes conditions d'utilisation. De plus, l'État se réservera le droit de les abaisser lorsque les bénéfices dépasseront une certaine limite, ou de les élever si l'exploitation est déficitaire. Enfin, lorsque l'entreprise aura eu recours à l'expropriation, ou si elle a été investie d'un monopole pour une certaine région, si elle a bénéficié d'une subvention du Trésor, ou encore, si elle exploite une source d'énergie dépendant du domaine public, l'État participera aux bénéfices dès que les dividendes excéderont 6 pour 100 du capital investi. Le taux du prélèvement sera d'un tiers du superdividende jusqu'à 10 pour 100 et de la moitié au-dessus. En outre, ces entreprises, particulièrement privilégiées, pourront être rachetées par l'État au bout de vingt-cinq ans, si le cahier des charges n'en décide pas autrement, puis tous les cinq ans. Pour faciliter l'émission des obligations, un cadastre spécial est prévu.

Le régime de la concession ne sera pas le seul appliqué. Les entreprises privées qui n'auront besoin ni des servitudes d'appui, ni de l'expropriation, pourront solliciter une simple autorisation. Toutefois, avant de faire droit à leur requête, l'Administration devra rechercher s'il ne serait pas plus avantageux de rattacher l'installation projetée à une centrale déjà existante.

Enfin, un office central est créé dont la mission sera de trancher en dernier ressort tous les litiges nés à l'occasion de la loi et d'approuver les projets établis d'accord entre le demandeur et les autorités locales compétentes.

M. Michel Zack souligne que l'État autrichien n'entend pas s'attribuer le monopole de la production et de la distribution de l'énergie. Il n'impose même pas, dans tous les cas, la concession avec faculté de rachat. Mais il s'efforcera de favoriser par tous les moyens en son pouvoir la constitution de puissantes entreprises de production et de distribution pour remédier aux inconvénients résultant de la dispersion de centrales mal outillées, édifiées sans plan d'ensemble, fournissant des courants de nature, d'intensité, de tension différentes, incapables de s'entr'aider, mais portées à abuser de leur monopole au grand préjudice du consommateur laissé sans défense. Le but poursuivi par l'Administration ressort avec évidence des restrictions auxquelles est subordonné l'octroi des autorisations. On a manifestement voulu éviter que, sous le nom de stations privées, il ne se forme de véritables entreprises présentant tous les inconvénients des petites centrales actuelles et susceptibles de concurrencer les concessionnaires. Aussi, la distribution privée autonome ne sera autorisée que s'il n'est pas possible de la rattacher au réseau concédé le plus proche. Nous reviendrons sur cette intéressante communication lorsque nous parviendra le texte même du projet auquel elle se réfère.

G. Tochon,
Avocat à la Cour d'Appel.

Législation, jurisprudence, réglementation

Loi portant autorisation du relèvement temporaire des tarifs sur les grands réseaux de chemins de fer d'intérêt général.

Le « Journal officiel » des 1er et 2 avril 1918 publie p. 2876, la loi suivante promulguée le 31 mars 1918 par le président de la République.

Article unique. — Le ministre des Travaux publics et des Transports est autorisé dans les conditions suivantes, à homologuer exceptionnellement un relèvement général de 25 pour 100 des prix de transport sur les grands réseaux d'intérêt général et sur les deux ceintures de Paris, ainsi que des taxes concernant les embranchements particuliers, les prix majorés pouvant dépasser les maxima inscrits aux cahiers des charges et dans les conventions spéciales :

1° Les présentes dispositions ne s'appliquent ni aux transports militaires régis par le traité du 12 juin 1898, ni au transport des colis postaux ;

2° Cette majoration exceptionnelle entrera en vigueur cinq jours après que la modification aura été portée à la connaissance du public par voies d'affiches ;

3° Elle prendra fin au 31 décembre de la sixième année qui suivra celle au cours de laquelle la cessation des hostilités aura été officiellement constatée ;

4° Elle s'appliquera également aux prix de transport qui, au cours de la période d'application de la présente loi, seraient substitués, dans les formes et conditions résultant des lois, règlements et cahiers des charges, aux prix homologués antérieurement ;

5° Si le produit net d'exploitation d'un réseau est supérieur pour une année, au total :

a) Des charges effectives des emprunts régulièrement autorisés, y compris les emprunts contractés en conformité de la loi du 26 décembre 1914, ainsi que du montant des annuités payées par les réseaux en vertu des conventions en vigueur ;

b) Des intérêts de la garantie afférente aux exercices 1914 et suivants, y compris celui au cours duquel la cessation des hostilités aura été officiellement constatée ;

c) Des sommes correspondant, suivant les réseaux, au revenu garanti ou réservé par les conventions de 1883, ou compris dans les prélèvements déterminés conformément à la loi du 26 décembre 1914. L'excédent sera versé au Trésor, jusqu'à concurrence du produit de la majoration exceptionnelle.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés sera exécutée comme loi d'État.

Ajoutons que cette loi est entrée en application le 15 avril 1918.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — **LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916**

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 17. — 27 AVRIL 1918.

Chronique. — Les petites stations centrales — Comité technique de la Société hydrotechnique de France. — Bibliographie : Le problème commercial dans l'industrie, par le Cte HOURST. — Bibliographie : Les travaux du Service des grandes Forces hydrauliques du Sud-Ouest, p. 601-602.

Section scientifique et technique. — Lumens contre bougies, par H. ARMAGNAT, p. 603. — Revues, analyses et informations : Echelle des températures vraies et pouvoir émissif du tungstène aux températures d'incandescence, p. 607; Les mouvements vibratoires des systèmes couplés expliqués quantitativement par des expériences simples, p 608; Systèmes oscillants amortis par une résistance proportionnelle au carré de la vitesse, p. 608.

Section industrielle. — Propagande pour le développement des applications de l'électricité dans les habitations, par Georges-P. ROUX, p. 609. — Revues, analyses et informations : Sur le calcul des réseaux de distribution, p. 613; La magnéto à haute tension et son application aux moteurs d'aéroplanes, p 618.

Section économique et financière. — La formation de l'ingénieur électricien aux Etats-Unis (*suite et fin*), par Etienne FLAGEY, p. 621. — Congrès général du Génie civil (*suite*), p. 626. — Assemblées générales : Société des Chemins de fer et Tramways du Var et du Gard, p. 631; Crédit commercial de France, p. 632; Société d'Eclairage électrique de Bordeaux et du Midi, p. 632.

Section de législation. — Les coefficients applicables aux chiffres d'affaires pour l'établissement de l'impôt cédulaire sur les bénéfices industriels et commerciaux, p 633 — Législation, jurisprudence, réglementation : Les taxes établies par les articles 19 à 28 de la loi du 31 décembre 1917, p. 639.

Les petites stations centrales. — Tandis que l'on s'occupe beaucoup des grandes stations centrales et des immenses réseaux qu'elles desservent, on parle beaucoup moins des petites usines qui ont cependant leur intérêt. Aujourd'hui surtout où toutes les ressources doivent être recherchées et utilisées, la question des petites stations centrales mérite de retenir quelque peu l'attention. La France contient en effet une multitude de petites chutes dont on peut tirer un parti avantageux avec les moyens actuels.

Ces chutes, inutilisables il y a quelques années lorsque l'on ne songeait qu'à les équiper avec du courant continu qui ne permettait de leur donner qu'un faible rayon d'action, deviennent intéressantes avec les courants alternatifs pour lesquels on possède dès maintenant, même pour de faibles puissances, un très bon matériel. Nous n'en voulons d'autres preuves qu'un exemple pris en Amérique parmi beaucoup d'autres. Dans ce pays qui est cependant celui des puissantes centrales et des grands réseaux, nous trouvons de petites usines très bien équipées desservant des agglomérations situées à plusieurs kilomètres à l'aide de transmissions à haute tension. Nous ne pouvons mieux faire à cet égard que de mentionner la description d'une installation de ce genre que vient de donner notre confrère « Electrical Review » dans un de ses derniers numéros. Il s'agit d'une petite station de 25 kw seulement située près des monts Ozark.

Organisée pour utiliser normalement l'eau d'une chute de 6 m de hauteur dans une turbine commandant un alternateur par courroie, cette usine peut être actionnée par un moteur à huile lourde pendant les mois d'été lorsque le débit de l'eau est insuffisant.

L'installation est fort simple : la turbine et le moteur commandent un même arbre de transmission qu'une courroie relie à l'alternateur.

Un embrayage permet d'isoler le moteur thermique lorsqu'il n'est pas nécessaire, il permet en outre de démarrer ce même moteur et de le lancer à l'aide de la turbine, ce qui est bien préférable à la marche à l'air comprimé.

L'alternateur de 25 kv-a est à 4 pôles, il fournit des courants triphasés à la tension de 220 v entre fils de phase et à la fréquence 60. La tension est élevée au départ de l'usine à 2 300 v à l'aide d'un transformateur aérien installé sur une plate-forme à 4 m du sol. De simples fusibles, des bobines de réactance et des parafoudres à cornes sont intercalés sur le départ des fils, l'expérience ayant montré que c'était suffisant pour une installation de ce genre. La ligne est constituée par trois fils en *acier* galvanisé franchissant de grandes portées de 300 m chacune environ. A l'arrivée au centre d'utilisation un transformateur ramène la tension à une valeur convenable.

Si l'on songe que, soit dans le Plateau Central, soit dans certaines régions riches en « houille verte », on rencontre bien des chutes de ce genre, on se rendra compte de l'intérêt qu'il y aurait à tirer parti dès maintenant de

Digitized by Google

ces ressources en énergie qui éviteraient dans bien des cas d'utiliser des combustibles coûteux et précieux tels que le pétrole ou le charbon. — A. S.

Comité technique de la Société hydrotechnique de France. — Séance du 3 janvier 1918. — La dernière réunion de ce Comité s'est tenue à Grenoble, le 20 janvier dernier, sous la présidence de M. Blanchet.

Après discussion du « cahier des charges pour commandes de turbines », le Comité a été d'avis qu'il convenait d'y ajouter la clause facultative suivante, relative aux surpressions :

« Après avoir reçu communication complète des projets de construction et d'établissement des conduites forcées, B... garantit que les surpressions ne dépasseront pas... en cas de fermeture totale ou partielle, et les dépressions... en cas d'ouverture totale ou partielle, à condition que toute l'installation et les appareils hydrauliques soient en bon état d'entretien et de fonctionnement ».

Le Comité a été ensuite tenu au courant des travaux de « la Commission des réseaux ». Il est rappelé que celle-ci s'était tout d'abord bornée à faire connaître au ministère des Travaux publics qu'elle préconisait l'emploi des courants triphasés à 50 p:sec. L'administration ayant insisté pour avoir son avis sur les tensions de distribution et de transmission (1), la Commission propose, d'après un rapport de M. Pérot établi en conformité de vues avec l'Union des Syndicats de l'Electricité, que :

« 1° Au cas où des installations nouvelles seraient faites dans l'étendue des réseaux existant actuellement, l'Administration veuille bien recommander aux distributeurs de choisir les tensions de transport dans la liste suivante (tensions composées moyennes) :

» 3 000, 5 500, 10 000, 15 000, 22 000, 30 000, 45 000, 60 000, 75 000, 90 000 et 120 000 v;

» 2° Lors de la reconstitution des réseaux dans les régions envahies, les tensions soient choisies dans la liste suivante (tensions composées moyennes).

» 5 500, 10 000, 13 500, 15 000, 45 000, 60 000, 75 000, 90 000 et 120 000 v.

La troisième question examinée par le Comité est celle de l'établissement d'un « Service d'essais hydrauliques » à Toulouse.

Grâce aux bons offices de M. Camichel, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse et à la bienveillance empressée de M. Cavalier, recteur de l'Académie, l'entente de la Société hydrotechnique de France avec l'Université de Toulouse est un fait accompli. Les tarifs adoptés dans le nouveau Service et approuvés par décret ministériel du 10 décembre dernier reproduisent ceux du Service d'Essais de Grenoble.

Un compte rendu sommaire des expériences faites à Toulouse sur les « coups de bélier » est donné par M. Camichel; le détail de ces expériences sera relaté dans un mémoire que rédigent M. Camichel, Eydoux et Gariel.

M. Bouvier fournit ensuite quelques explications sur « un amortisseur automatique de coups de bélier » dont il est l'inventeur.

Bibliographie : Le problème commercial dans l'industrie, par le Cᵗ Hourst, ancien directeur commercial de la Société Michelin et Cie (1). — Dans cette brochure l'auteur a voulu montrer qu'il est possible d'appliquer dans les services commerciaux des entreprises industrielles ou purement commerciales les principes mis en œuvre par Taylor dans les services de fabrication. Dans une première partie, il traite des questions commerciales et examine successivement : comment se pose le problème du développement de l'entreprise que l'on dirige, le choix des articles qui doivent être offerts à la clientèle, la recherche du prix de vente, la commodité du client, le rôle des voyageurs, les conditions de paiement, la publicité. Dans une seconde partie, il traite de l'organisation méthodique du personnel et prend particulièrement comme exemples le service des sténo-dactylographes et le service des voyageurs de commerce ; il insiste également sur la nécessité de remplacer dans les services commerciaux les traitements fixes par des traitements variables suivant le travail fourni.

Cette étude vient à son heure et sera lue avec profit par les chefs d'entreprises. — J. R.

Bibliographie : Les travaux du Service des grandes Forces hydrauliques du Sud-Ouest. — Le Service des grandes Forces hydrauliques, dont l'origine et les travaux ont été rappelés dans une note parue l'an dernier dans ces colonnes (2) vient de publier quatre nouveaux fascicules se rapportant à la région du Sud-Ouest.

Les observations faites dans cette région ont pour principal objet la détermination du régime des cours d'eau des bassins de l'Adour et de la Garonne, ainsi que des bassins côtiers de la Méditerranée jusqu'au Vidourle ; dans ce but, on observe journellement un certain nombre d'échelles hydrométriques, et ces lectures permettent, grâce à des jaugeages, d'en déduire les débits.

Le Service a d'abord publié partiellement les résultats recueillis fin 1910 dans deux volumes dont le premier est relatif au bassin de l'Adour et le second au bassin pyrénéen de la Garonne ; quelques-uns de ces résultats qui, pour diverses raisons, n'ont pu être insérés dans ces volumes, seront publiés ultérieurement.

De 1911 inclus à 1916 inclus, le Service a continué ses études dans la région pyrénéenne ; les résultats en sont consignés dans quatre volumes actuellement en cours de publication et qui forment les tomes III à VI de l'ensemble de la publication ; dans ces quatre tomes la matière a été divisée en fascicules, chaque fascicule se rapportant à un certain nombre de bassins secondaires.

Les quatre fascicules qui viennent de paraître sont les fascicules E et F des tomes III et IV et les fascicules C et E du tome VI. Le premier donne 51 graphiques de hauteurs et de débits résumant les résultats des observations faites en 1911 et 1912 dans les stations de jaugeage des bassins de l'Ariège et de l'Aude ; le second 44 graphiques des observations des mêmes années dans les stations des bassins de l'Agly, de la Têt, du Tech et de la Sègre. Les deux autres donnent, en 36 et 21 graphiques les résultats obtenus en 1905 et 1916 dans les stations du bassin de la Garonne et les stations des bassins de l'Ariège et de l'Aude.

Il est inutile d'insister ici sur l'intérêt que présentent ces graphiques au point de vue de la connaissance de nos richesses hydrauliques et de leur utilisation à la production de l'énergie électrique.

(1) Voir *R. G. E.*, 2 février 1918, t. III, p. 162 et 23 février, t. III, p. 279, les décisions du Comité électrotechnique français sur ce sujet.

(1) Une brochure, format 24 cm × 16 cm, 99 pages. Librairie de l'Ecole spéciale des Travaux publics, 3, rue Thénard, Paris Ve. Prix, 2 fr.

(2) *R. G. E.* 10 février 1917, t. I, p. 201-202.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Lumens contre bougies

Parmi les unités photométriques, il n'y en a guère qu'une seule dont le nom est un peu familier à nos électriciens, c'est la bougie, unité d'intensité lumineuse; mais cette unité adoptée presque généralement en France pour la classification commerciale des lampes à incandescence ne répond plus aux besoins modernes et son sens a été tellement déformé dans le langage courant qu'il devient nécessaire de lui substituer l'unité de flux qui définit mieux la qualité cherchée. Ce changement se fait peu à peu à l'étranger, mais il semble rencontrer en France une résistance assez vive; il faut donc discuter les mérites et les défauts des deux unités et c'est un premier aspect de cette question qui est examiné dans l'article suivant.

Ce titre a une allure presque guerrière et qui est bien de circonstance en ce moment, d'ailleurs c'est en fait une véritable déclaration de guerre à une tradition qui remonte aux premières heures de l'éclairage public, au moment où les mesures photométriques ont débuté.

Dans ces dernières années, bien des efforts ont été faits pour apporter un peu d'ordre et de méthode dans l'art de l'éclairage et si certains spécialistes commencent à avoir des idées assez nettes sur la situation, on peut dire aussi qu'elle est à peu près ignorée, non seulement de la masse, mais aussi de la plupart des ingénieurs.

Cette ignorance presque générale conduit à des résultats fâcheux : les clients, n'ayant que des notions trop sommaires sur le sujet, sont tentés de demander des choses contradictoires et les commerçants, afin de surenchérir sur leurs concurrents, proposent des solutions merveilleuses, quelquefois en jouant simplement sur les mots, souvent aussi en donnant de fortes entorses à la vérité.

Pour rester dans le sujet annoncé, voyons comment on classe les lampes dans le commerce actuel.

Deux considérations guident principalement le client dans le choix des lampes : la lumière qu'elles donnent et la puissance électrique qu'elles absorbent.

Je dis à dessein « la lumière » évitant de préciser, car c'est bien là le plus gros écueil.

C'est un truisme de dire qu'une lampe est destinée à éclairer et cependant, il faut bien le rappeler, le terme final c'est l'*éclairement* des surfaces et il faut toujours en revenir à la définition de cette grandeur; or, l'*éclairement* E est le rapport du *flux lumineux* $\mathcal{F}$ à la surface éclairée S; si cet éclairement n'est pas uniforme, ce qui est généralement le cas, il faut écrire

$$E = \frac{d\mathcal{F}}{dS}. \qquad (1)$$

Que nous prenions comme unité d'éclairement le « phot » qui correspond à un *flux* de un *lumen* par centimètre carré ou le *lux*, *lumen* par mètre carré, unité plus commode comme grandeur, le résultat sera le même, nous devrons toujours disposer d'un flux $\mathcal{F}$ pour éclairer une surface S avec un éclairement donné E :

$$\mathcal{F} = \int E\,dS. \qquad (2)$$

Donc ce qu'il faut considérer avant tout dans une lampe c'est le *flux lumineux*.

En réalité, les mesures photométriques portent directement sur la *densité du flux lumineux* rapportée à l'angle solide Ω, c'est ce que l'on appelle l'*intensité lumineuse* J

$$J = \frac{d\mathcal{F}}{d\Omega}. \qquad (3)$$

Comme, dans la plupart des foyers lumineux en usage, cette intensité J varie avec la direction sous laquelle on la mesure, la notion simple d'intensité ne suffit pas et, en présence des foyers à distribution très irrégulière, on a été conduit à introduire une autre notion : celle de l'*intensité moyenne* sphérique ou hémisphérique selon que l'on envisage toute la sphère ou la moitié seulement.

Pour obtenir l'*intensité moyenne sphérique* J, il faut mesurer J dans toutes les directions, en faire la somme et diviser par 4π, valeur angulaire de la sphère entière

$$J = \frac{1}{4\pi}\int_0^{4\pi} J\,d\Omega, \qquad (4)$$

mais, par suite de la définition (3), le flux total $\mathcal{F}_t$ émis par un foyer a pour valeur

$$\mathcal{F}_t = \int_0^{4\pi} J\,d\Omega; \qquad (5)$$

l'intensité moyenne sphérique n'est donc pas autre chose que le flux divisé par 4π et la relation

$$\mathcal{F}_t = 4\pi J, \qquad (6)$$

est toujours vraie.

La mesure de J dans toutes les directions et le calcul final de J sont des opérations longues et dispendieuses

Digitized by Google

que l'on ne fait que dans quelques circonstances, ce n'est pas une méthode d'application courante.

Une solution préférable consiste dans l'emploi des photomètres intégrants, comme les *lumens-mètres* de Blondel, la sphère blanche d'Ulbricht ou les *mésophotomètres*. Avec ces appareils on mesure directement le *flux lumineux* sans avoir à s'occuper de la *répartition* de la lumière ; c'est évidemment la seule solution rationnelle et pratique et celle qu'il faut recommander avant tout.

En attendant la diffusion des mesures de flux lumineux on peut, pour tous les types de lampes à incandescence en usage actuellement, employer une solution approchée qui donne des résultats parfaitement suffisants lorsqu'elle est correctement employée. La méthode repose sur la connaissance préalable du *coefficient de répartition K* correspondant à chaque type. Ce coefficient présente une constance beaucoup plus grande qu'on pourrait le croire en considérant la répartition fort irrégulière de certaines formes de lampes.

Nous appelons coefficient de répartition K le rapport, toujours plus grand que l'unité, entre l'*intensité maximum* $\mathcal{J}_{max}$ et la *moyenne sphérique* $\mathcal{J}$

$$K = \frac{\mathcal{J}_{max}}{\mathcal{J}}. \qquad (7)$$

Considérons trois formes types simples de foyers lumineux : *a*) le foyer ponctuel ou sphérique à intensité uniforme dans toutes les directions, $K = 1$

$$\mathcal{J}_{max} = \mathcal{J},$$

b) le foyer filiforme rectiligne, l'intensité est uniforme dans toutes les directions situées dans un plan xx' perpendiculaire au filament, figure 1, mais elle varie dans les plans parallèles au filament. Le coefficient de répartition calculé est $\frac{4}{\pi}$ ou 1,27

$$\mathcal{J}_{max} = 1{,}27\ \mathcal{J},$$

c) Enfin si la source lumineuse est une surface plane, sans épaisseur, l'entensité est maximum sur la normale et nulle dans la direction du plan ; le coefficient K a pour valeur 2.

$$\mathcal{J}_{max} = 2\mathcal{J}.$$

La plupart des types actuels de lampes à incandescence sont intermédiaires entre *a*) et *b*), mais beaucoup plus près de *b*) ; seules quelques formes de lampes à projections tendent à se rapprocher de *c*) mais, encore de très loin.

Toutes les lampes dont le filament se développe avec des brins largement espacés, c'est-à-dire les lampes à filament de carbone ou de métal dans le vide se rapprochent étroitement de *b*) et l'expérience montre que le rapport entre l'intensité maximum et l'intensité moyenne *hémisphérique inférieure* est très voisin de 1,25.

Voici deux exemples caractéristiques pris sur des lampes très différentes comme répartition : la courbe A, figure 2, se rapporte à une lampe au tungstène ; les fils sont disposés à peu près comme les cordes d'un tambour, c'est la forme classique. La courbe représente la répartition sur un plan vertical passant par la ligne C P (culot-pointe) chacune des composantes étant elle-même

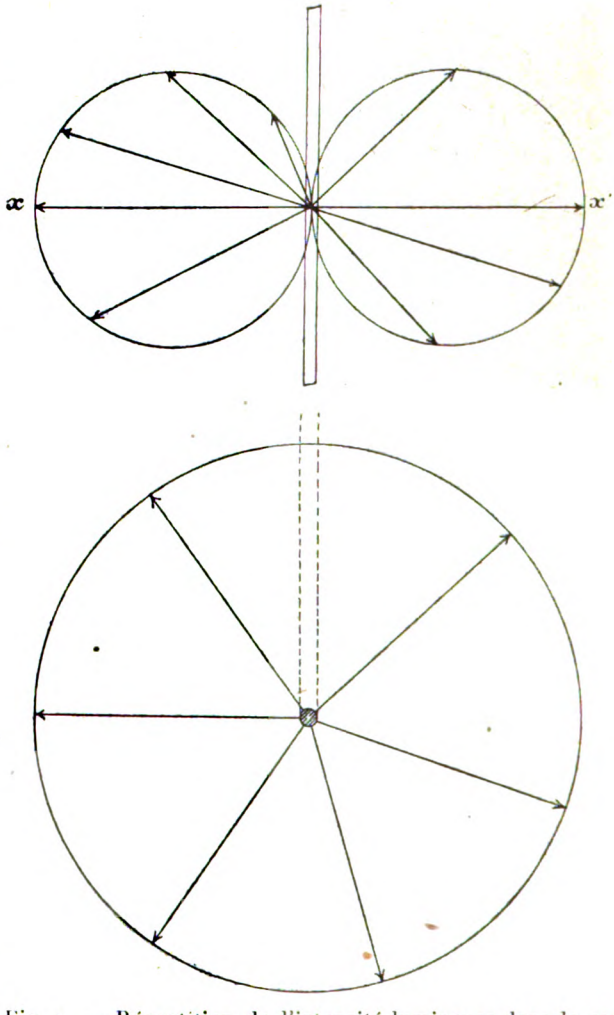


Fig. 1. — Répartition de l'intensité lumineuse dans le cas d'un foyer filiforme rectiligne.

la moyenne des valeurs mesurées suivant des plans verticaux également répartis autour de l'axe C P. Comme on le voit, l'intensité est maximum dans le plan horizontal.

La courbe B se rapporte à une lampe spéciale formée par une sorte de grille perpendiculaire à l'axe culot-pointe ; l'intensité est beaucoup plus grande suivant la direction O P que dans le plan horizontal. Malgré cette différence considérable des répartitions, le coefficient K donne, pour l'intensité *hémisphérique inférieure, en partant dans chaque cas de la valeur maximum mesurée*

Digitized by Google

et non pas de l'ordonnée maximum relevée sur la courbe, qui n'est qu'une moyenne,
pour A

$$K = \frac{16}{12,8} = 1,25,$$

et pour B

$$K = \frac{20}{15,7} = 1,27.$$

Nous pourrions multiplier les exemples, la conclusion serait toujours la même : *le rapport entre l'intensité maximum*, quelle que soit sa direction, *et l'intensité hémisphérique inférieure tend toujours vers* 1,25 ; donc, pour toutes les lampes à filaments espacés, on aura une valeur suffisamment exacte de l'intensité moyenne en divisant la valeur maximum par 1,25.

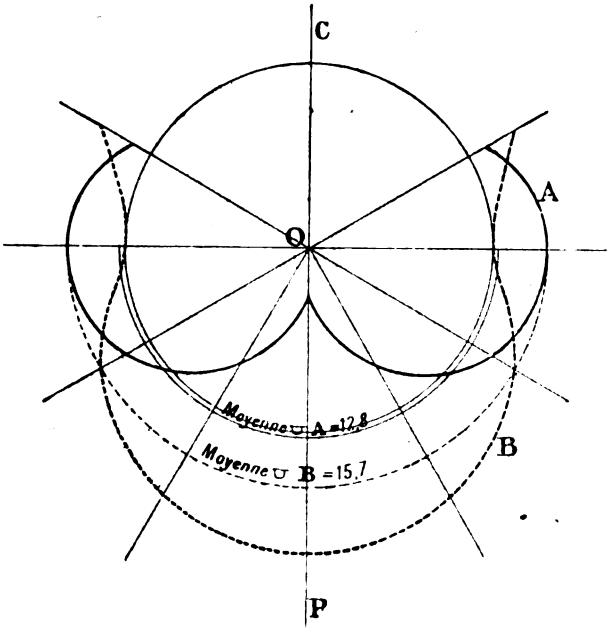


Fig. 2.

Ces mesures se rapportent seulement à la moyenne *hémisphérique inférieure*, la moyenne sphérique est un peu plus faible à cause de la présence du culot, mais étant donné l'angle solide assez faible sous lequel celui-ci est vu du centre il est évident que, même pour la forme B, la différence entre les deux moyennes est inférieure à 5 pour 100, elle est pratiquement négligeable pour les lampes du type courant.

Lorsque le filament est roulé en hélice comme on le fait quelquefois, à tort d'ailleurs, pour les lampes dans le vide, et toujours, avec raison, pour les lampes à atmosphère gazeuse, la répartition est un peu différente et le corps incandescent étant plus ramassé sur lui-même et se rapprochant du corps à rayonnement uniforme, les conditions sont intermédiaires entre les formes (*a*) et (*b*), mais l'expérience montre que le coefficient *K* varie fort peu autour d'une valeur moyenne voisine de 1,15.

La courbe figure 3 donne un exemple de répartition verticale de lampe à azote. Le maximum étant 1925 bougies et la moyenne hémisphérique 1660, le coefficient *K* a pour valeur 1,16.

Le seul rapport *constant* étant celui du *maximum* à la *moyenne*, il faut chercher soigneusement ce maximum, faute de quoi on s'expose à donner une valeur *trop faible* de la lampe mesurée et comme la plupart des lampes à azote ont une répartition fort irrégulière, la recherche du maximum est souvent délicate ; c'est un inconvénient qui disparaîtra lorsque l'usage des photomètres intégrants se sera généralisé.

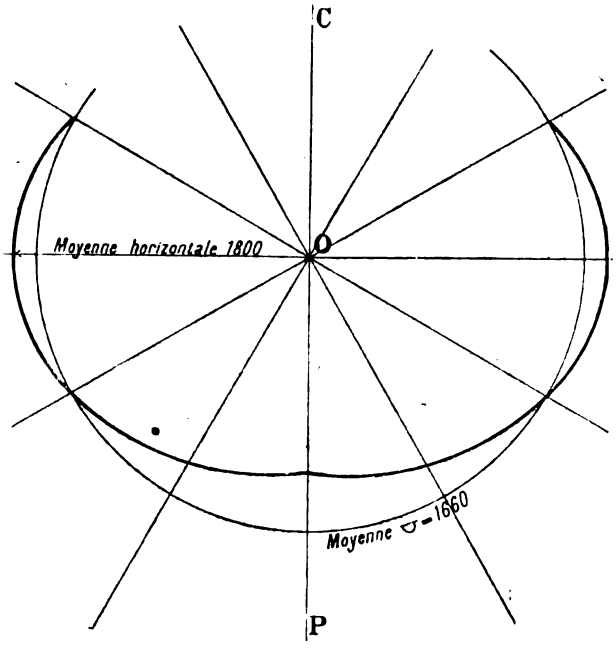


Fig. 3.

Certains modèles exceptionnels donnent des répartitions encore différentes et on trouve un exemple se rapprochant du type (*c*) dans des lampes de projections composées de courtes hélices placées côte à côte et formant comme une *surface plane incandescente*, avec un maximum très important perpendiculairement au plan et un minimum très faible dans la direction du plan. La mesure, très approximative d'ailleurs, montre que le coefficient *K* atteint presque 1,5. Ce cas est intéressant à citer comme exemple du type (*c*), mais il ne faut pas oublier qu'il est *tout à fait exceptionnel* et qu'il ne détruit pas les arguments précédents.

En résumé, pour les lampes courantes à vide, on peut prendre $K = 1,25$ et pour celles à azote ou argon, $K = 1,15$, ces coefficients étant certains à 5 pour 100 près. L'intensité lumineuse, et par conséquent le flux, étant proportionnelle, en moyenne, à la puissance 3,6 de la tension aux bornes, cet écart de 5 pour 100 cor-

Digitized by Google

respond à une erreur de 1,5 pour 100 sur la tension, ce qui est peu important en pratique.

Laissons cette digression et revenons à notre sujet : il n'est plus douteux pour personne aujourd'hui que la seule indication de l'intensité lumineuse maximum n'est pas suffisante et on vient de plus en plus à l'intensité moyenne sphérique qui n'est autre chose que le flux, à un coefficient près. Deux théories se trouvent alors en présence : conserver la bougie comme unité afin de ne pas dérouter les clients, en laissant sous-entendre qu'il s'agit de *bougies moyennes sphériques*, ou rompre franchement avec la bougie et adopter l'unité de flux lumineux, le *lumen*, c'est-à-dire le flux lumineux émis dans l'angle solide de un radian par un foyer d'intensité uniforme égale à une bougie décimale.

Querelle de mots va-t-on dire ! à quoi bon révolutionner une industrie pour un changement d'unité, remplacer la bougie, que tout le monde connaît et comprend, par le lumen à peu près ignoré ?

Plusieurs raisons justifient ce changement à mon avis. D'abord les sens différents attachés au mot bougie : intensité dans une direction, intensité maximum, intensité moyenne sphérique ou hémisphérique ! Peut-on admettre qu'entre tant de manières de l'envisager les fabricants ne choisiront pas toujours celle qui leur est le plus favorable et les clients l'autre ? Nous sommes en France où les décisions internationales sont toujours respectées, mais en est-il de même à l'étranger et nos voisins de l'Est qui ont voté eux aussi l'emploi exclusif de la bougie décimale en font-ils usage ? Non, ils s'en tiennent à la bougie *Hefner* qui vaut seulement 0,89 bougie décimale et cette dérogation aux décisions des Congrès s'étend, la Suisse et la Hollande emploient également l'hefner ; de sorte que, pour lutter à armes égales avec nos voisins, nos fabricants ont été conduits peu à peu à donner des bougies comparables à celles des Allemands.

Alors quelle idée exacte va donc éveiller le mot *bougie* ? Avons-nous le droit de dire que, pour ne pas troubler les habitudes de la clientèle, il faut conserver les bougies en les appelant *moyennes*. N'allons-nous pas augmenter la confusion ? Il est permis de le craindre.

D'ailleurs cette notion de *flux*, implicitement contenue dans la définition de l'*intensité moyenne*, est-elle si déconcertante que cela et l'emploi du *lumen* conduit-il à des nombres difficilement comparables avec les intensités maxima en usage dans la majorité du commerce actuel ?

Reportons-nous à la définition du flux total 6) et remplaçons J par sa valeur en fonction du coefficient K (7)

$$\mathcal{F}_t = \frac{4\pi J_{max}}{K}; \qquad (8)$$

nous voyons alors que pour la plupart des lampes à vide où $K = 1{,}25$, on obtient l'expression pratique très simple

$$\mathcal{F}_t = 10\, J_{max}, \qquad (9)$$

et pour les lampes à azote où $K = 1{,}15$,

$$\mathcal{F}_t = 11\, J_{max}. \qquad (10)$$

Il ne semble pas douteux que le client qui demande une lampe cotée actuellement 16 bougies, c'est-à-dire donnant au *maximum* 16 bougies, ne sera pas plus désorienté si on lui explique que cette lampe sera désignée maintenant sous le nom de lampe *160 lumens* que si on la lui annonce sous le nom de *12,6 bougies moyennes sphériques !* On objectera que la notion de *flux* n'est pas la seule et que la répartition n'est pas sans intérêt ! c'est là un autre aspect fort important du problème, mais qui ne s'oppose pas à ce qui précède. Il est évident que l'on peut disposer le corps incandescent de façon à obtenir une répartition de la lumière plus favorable pour les applications, mais encore faut-il que l'intensité maximum envoyée dans la bonne direction couvre une surface et nous revenons par là à l'idée de *flux*. D'autre part l'emploi des réflecteurs et réfracteurs, dont l'usage commençait à se répandre avant la guerre, permet toujours de corriger la répartition et d'utiliser presque intégralement le *flux total*.

Sous quelque aspect que l'on envisage la question, on en revient toujours à la notion de *flux lumineux* et, par conséquent, au *lumen* ou à la *bougie moyenne sphérique*.

Pourquoi le *lumen* de préférence ? D'abord parce qu'il faut rompre avec la bougie dont le sens varie selon les cas : bougies décimale ou Hefner, ensuite parce que, sans l'adjonction du qualificatif *moyenne sphérique*, le sens est encore plus vague et cette adjonction peut être, et sera souvent, omise ; or, il ne faut pas oublier que les unités à noms composés font souvent naître des confusions regrettables par suite de l'omission fréquente d'une partie du nom.

Un exemple que tout le monde connaît est celui de la capacité des accumulateurs qui doit être exprimée en *ampères-heures* et que presque tous les clients, et même beaucoup de fabricants, désignent en *ampères !* Le résultat est bien simple : le client qui achète un accumulateur de 40 A-h sous le nom de 40 A confond facilement le débit et la quantité et il est fort étonné d'apprendre que ledit accumulateur ne peut fournir que 4 à 5 A au régime normal ! On pourrait en dire autant des *kilowatts-heures* trop souvent appelés *kilowatts*. Pourquoi la même omission ne se manifesterait-elle pas au sujet de la bougie *moyenne sphérique* et croit-on que l'occasion ne se présentera jamais de créer une confusion plus ou moins volontaire entre les bougies moyennes *(flux)* et les bougies *(intensité)*.

Enfin un dernier argument qui ne sera pas sans frapper ceux qui craignent les bouleversements : pendant que nous marquons le pas sur place l'Amérique et l'Angleterre agissent.

Dans un rapport très détaillé sur les unités lumineuses, l'Illuminating Engineering Society, de New-York [1]), dit notamment :

(1) *Transactions I. E. S.*, 20 novembre 1916, p. 841.

Digitized by Google

(37) Les sources lumineuses seront classées sur la base du lumen au lieu de la bougie.

(39) Les consommations spécifiques seront exprimées en watts par lumen, les watts par bougie n'étant qu'une expression commerciale appliquée aux lampes à incandescence et signifiant watts par bougie *moyenne* horizontale. (Cet usage est peut-être courant en Amérique, mais en Europe le sens est toujours celui de bougie horizontale *maximum*.)

Le rapport de 1917 revient sur la question (1) et fait observer que la discussion à l'Illuminating Engineering Society de Londres a mis en évidence ce fait qu'il n'y avait plus guère d'opposition à l'emploi du lumen au lieu de la bougie moyenne. Enfin le même rapport signale que l'Association des Ingénieurs de tramways a décidé, conformément à la recommandation de son Comité de lampes, que toutes les lampes pour l'éclairage des trains seraient tarées en lumens et cette décision est en vigueur depuis mai 1917; les dimensions recommandées sont : 85, 125, 175, 250 et 500 lumens.

Il semble qu'après ces décisions les fabricants et électriciens français risquent de se trouver seuls avec les Allemands à employer les bougies : moyennes ou maximum, décimales ou hefners? Est-ce là une solution recommandable, je ne le crois pas!

En résumé, il faut adopter le *lumen* pour le classement des lampes et laisser à la bougie son sens précis d'unité d'intensité.

H. ARMAGNAT.

Revues, analyses et informations

Echelle des températures vraies et pouvoir émissif du tungstène aux températures d'incandescence (2).

MÉTHODE GÉNÉRALE. — Sauf pour les mesures faites à la température ambiante, on a utilisé un long filament tubulaire de tungstène percé en divers endroits d'étroites ouvertures. D'une manière générale, la méthode employée consiste à déterminer avec un pyromètre optique le rapport entre l'éclat de la surface du filament contiguë à une ouverture (dans une région convenablement choisie au point de vue de la constance de la température) à l'éclat de l'ouverture quand on porte le filament à l'incandescence dans le vide ou dans une atmosphère chimiquement inerte. Dans l'hypothèse que le rayonnement provenant de l'ouverture est noir et qu'il n'y a qu'une différence négligeable de température entre l'intérieur et la surface, un tel rapport représente le pouvoir émissif pour une longueur d'onde qui dépend de la lumière transmise par le verre du pyromètre et pour une température correspondant à celle de l'ouverture. Cette température est obtenue à la manière habituelle au moyen de la loi de Wien en comparant, à la température de fusion du palladium, le rayonnement noir avec celui provenant d'un corps noir, étalonné, du type ordinaire.

Pour le détail des hypothèses faites et des corrections nous renverrons le lecteur au mémoire original (3).

RÉSULTATS. — 1. *Pouvoirs émissifs*. — Les courbes de la figure 1 représentent les variations du pouvoir émissif en fonction de la température pour deux longueurs d'onde $\lambda = 0{,}467\ \mu$ et $\lambda = 0{,}665\ \mu$. Les courbes *a* et *a'* sont relatives aux données brutes. La courbe *b'* représente ce que devient la courbe *a'* en tenant compte du défaut de monochromatisme du verre uviol. Les courbes *c* et *c'* représentent les résultats définitifs après les corrections relatives aux différences de température entre les surfaces internes et externes des filaments.

2. *Relation entre la « température vraie » et la « température d'éclat »*. — Rappelons qu'on appelle température

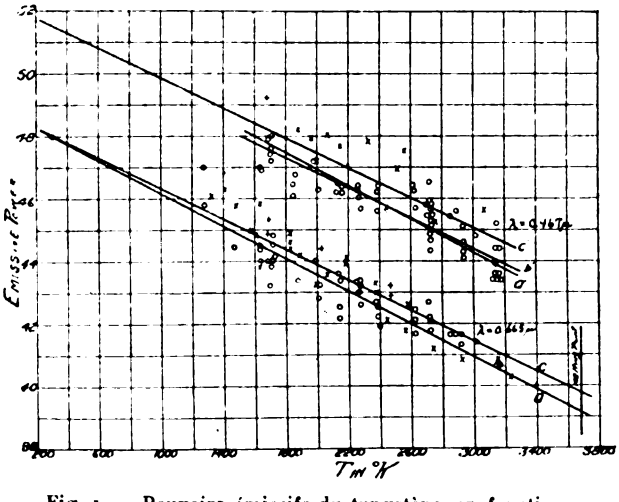


Fig. 1. — Pouvoirs émissifs du tungstène, en fonction de la température absolue pour $\lambda = 0{,}665\ \mu$ et $\lambda = 0{,}467\ \mu$

d'égal éclat avec le corps noir (*black body brightness temperature*) ou par abréviation température d'éclat (*brightness temperature*) d'un corps rayonnant, la température à laquelle l'intensité du rayonnement du corps noir, pour une certaine longueur d'onde déterminée, est égale à celle du corps rayonnant pour la même longueur d'onde.

Quand on a obtenu la relation entre la température et le pouvoir émissif d'une substance, l'emploi de la relation de Wien permet d'exprimer la température vraie en fonction de la température d'éclat, c'est-à-dire de donner l'échelle des températures pour la substance. On a ainsi

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{S} + \frac{\lambda}{C_2} \log_n \varepsilon,$$

(1) *Transactions I. E. S.*, 20 novembre 1917, p. 353.

(2) WORTHING. *Physical Review*, octobre 1917, 2e série, t. x, p. 377-394, 4 fig., 4 tab.

(3) On trouvera aussi d'utiles renseignements sur le sujet traité ici dans *La Revue électrique*, 7 juillet 1916, t. XXVI, p. 5-6 et 22-25. Langmuir a fixé le point de fusion du tungstène à 3 540° K ± 30°. La constante C_2 est celle définie par la formule du rayonnement

$$\rho\lambda \frac{C_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{C_2}{\lambda T}}}$$

Digitized by Google

où T désigne la température vraie; S, la température d'éclat; λ, la longueur d'onde utilisée pour les comparaisons; C_2, la constante de l'équation de Wien; ε, le pouvoir émissif pour la température T et la longueur d'onde λ. Le tableau I donne de 200° en 200° les relations entre la température vraie et la température d'éclat correspondant à $\lambda = 0{,}665\ \mu$.

TABLEAU I. — *Relation entre la température vraie et la température d'éclat.*

S pour $\lambda = 0{,}665\ \mu$	ε pour $\lambda = 0{,}665\ \mu$	$T - S$
1 200	0,457	56
1 400	0,451	76
1 600	0,446	103
1 800	0,440	132
2 000	0,434	168
2 200	0,428	208
2 400	0,422	254
2 600	0,416	306
2 800	0,410	366
3 000	0,403	433
3 176 (point de fusion)	0,398	498

3. *Point de fusion du tungstène.* — La température d'éclat indiquée dans le tableau I est la moyenne de quatre résultats obtenus par Mendenhall et Forsythe, Langmuir, Worthing, Luckey. Elle conduit à admettre comme température vraie de fusion du tungstène la valeur 3675° abs., exacte, d'après l'auteur, à 15° près.

4. *Influence des résultats précédents sur certaines données obtenues antérieurement* — Le tableau II contient les valeurs corrigées, à partir des résultats précédents, de certaines données relatives à la conductibilité thermique k, à la conductibilité électrique γ, à l'effet Thomson σ et au rayonnement E émis par le tungstène.

TABLEAU II. — *Données relatives au tungstène.*

T en degrés abs.	k en $\frac{\text{watts}}{\text{cm}\times\text{deg.}}$	$10^{-8}\,\frac{k}{\gamma T}$ unités C.G.S.	σ en $\frac{\text{microvolts}}{\text{deg.}}$	E en $\frac{\text{watts}}{\text{cm}^2}$	$\frac{T}{E}\frac{dE}{dT}$
1 500	1,01	2,80		5,7	5,21
1 700	1,07	3,06		10,8	3,06
1 900	1,12	3,29	— 20	18,8	4,93
2 100	1,17	3,50	— 24	30,6	4,81
2 300	1,21	3,69	— 28	47,2	4,70
2 500	1,25	3,87		69,7	4,60
2 700	1,29	4,02		98,9	4,50

Les valeurs du rayonnement du corps noir peuvent être déduites de la formule empirique

$$\log E = 1{,}379 + 4{,}87\ (\log T - 3{,}3) - 1{,}4\ (\log T - 3{,}3)^2.$$

L'expression $\frac{T}{E}\frac{dE}{dT}$ donnée dans la dernière colonne du tableau II est l'expression qui correspond à l'exposant 4 de l'équation Stefan-Boltzman. Les résultats indiquent que le rayonnement du tungstène se rapproche, à ce point de vue, du rayonnement du corps noir à mesure que la température s'élève. A. B.

Les mouvements vibratoires des systèmes couplés expliqués quantitativement par des expériences simples [1].

L'auteur considère un système, en vibration, à deux degrés de liberté, mécanique ou électrique, résultant du couplage de deux systèmes séparés. Il suppose, en outre, que ce système est soumis à des forces proportionnelles à son déplacement et qu'il est sans résistance, et en donne une théorie mathématique. — Pour le système électrique, les équations, aux écritures près, sont identiques à celles que l'on trouve, par exemple, dans le « Traité des oscillations électriques » de Tissot, p. 414. Le système mécanique est constitué d'abord par deux pendules à double corde; les poids sont suspendus chacun à une corde rattachée à une autre corde fixée en deux points A et A'; cette dernière prend une flèche plus ou moins accentuée, suivant l'importance des masses. Les deux pendules sont reliés par un tube de fibre. Les masses mobiles sont formées d'un entonnoir dans lequel on verse du sable, ce qui permet d'inscrire le mouvement sur une planche horizontale dont le déplacement se fait dans un plan perpendiculaire au plan d'oscillation des pendules. L'autre système mécanique comprend un pendule à règle et un pendule à corde, celui-ci étant fixé en un point mobile le long de la règle. Les mêmes dispositions sont prises pour l'inscription des mouvements. L'étude mathématique conduit à des équations sensiblement identiques à celles trouvées pour le système électrique (deux circuits comprenant une self-induction et une capacité). Dans tous les cas, au point de vue expérimental, on arrive à des résultats très intéressants, variables avec le degré de couplage et les conditions initiales. Les planches reproduisent 70 courbes. Les auteurs espèrent que leur publication rendra de grands services aux professeurs qui ont à faire comprendre à leurs élèves les phénomènes qui se déroulent dans les systèmes électriques couplés inductivement.

Bc.

Systèmes oscillants amortis par une résistance proportionnelle au carré de la vitesse [1].

L'équation d'un mouvement oscillatoire amorti par une force proportionnelle au carré de la vitesse est

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} \pm N\left(\frac{d\theta}{dt}\right) + M\theta = 0.$$

D. Poisson a étudié cette équation pour de faibles oscillations, en considérant comme négligeables les puissances élevées des arcs Grammel (*Physik. Zeitschr*, t. XIV, p. 20; 1913) et Ignatowsky (*Archiv. d. Math. u. Phys.* t. XVII, p. 338, 1910) ont donné des solutions approchées, permettant d'exprimer le déplacement en fonction du temps, utile pour de petites oscillations, mais qui convient mal pour de grandes valeurs du déplacement. Dans son travail l'auteur développe une solution particulièrement adaptée aux grands déplacements et aux amortissements intenses. — Cette solution a été vérifiée par comparaison avec les résultats de l'intégration graphique et expérimentalement. — Expérimentalement et analytiquement les oscillations ont été trouvées isochrones. — L'auteur indique une méthode permettant le calcul du coefficient d'amortissement en fonction des maxima et des minima successifs de l'élongation. — Il a construit un modèle susceptible d'être adapté à un grand nombre de systèmes et permettant d'étudier des oscillations amorties par une résistance proportionnelle au carré de la vitesse.

A. B.

(1) Edwin H. BARTON et H. M. BROWNING, *Philosophical Magazine*, octobre 1917, 6e série, t. XXXIV, p. 246-270, 2 fig., 3 pl.

(1) PARKER VAN ZANDT, *Physical Review*, novembre, 2e série, t. X, p. 415-431, 6700 mots, 8 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Propagande pour le développement des applications de l'électricité dans les habitations

Un tarif doit être conçu de telle façon qu'il couvre toutes les dépenses de la station centrale jusqu'aux bornes du compteur: s'il est trop faible, la compagnie peut se trouver lésée; s'il est trop fort, c'est le client qui protestera par son abstention. L'auteur propose un tarif à deux postes; le premier poste, assez élevé, de 10 cents par kilowatt heure, jusqu'à concurrence de 9 kilowatts-heure; le deuxième, de 4 cents par kilowatt-heure, pour toute la consommation au-dessus de ce chiffre. Il montre, par des courbes, les avantages de ce mode de tarification sur une taxe uniforme et l'abaissement du prix moyen du kilowatt-heure à mesure que la consommation de l'abonné augmente; c'est donc là un excellent moyen de vulgarisation des applications de l'électricité aux usages domestiques.

Il n'y a pas bien longtemps, à peu près vers 1880, que la lampe à incandescence a fait sa première apparition dans le commerce et, même avec une consommation de 7 watts par bougie, nous avons considéré cet événement comme un résultat merveilleux. Ce n'était en réalité que la création d'un nouvel art ou l'aurore d'une ère de développement dans l'industrie électrique qui, par des évolutions successives et rapides, a augmenté le rendement ainsi que la durée de la lampe à filament de carbone, en abaissant la dépense par bougie à 3,1 w. La lampe à filament métallisé ou lampe Gem sortit alors; plus tard la lampe tantale et finalement la lampe tungstène furent créées, cette dernière avec une consommation de 1,2 watt par bougie. A présent la lampe à atmosphère gazeuse s'est jointe à la famille et présente encore un meilleur rendement. Ces progrès dans le développement de l'art de l'éclairage, aussi bien que d'autres d'importance égale dans l'industrie électrique, sont des preuves que le soleil ne s'est pas encore couché sur la période d'avancement et que nous devons attendre l'avènement incessant de beaucoup d'autres découvertes en cet art, toutes d'un grand profit pour l'humanité, chacune d'elles marquant une nouvelle étape dans la marche du progrès et de la civilisation.

Parallèlement à ces améliorations successives, l'éclairage électrique prit un développement de proportions étonnantes et, étant l'un des besoins de notre existence, sa production fut classée parmi les services d'intérêt public; aussi le service de l'éclairage électrique est-il toujours resté la base de l'affaire, comme l'amande ou le noyau d'un fruit, au milieu des affaires connexes qui se multipliaient autour de lui et qui résultaient de découvertes adaptant l'emploi de l'électricité à une multitude d'applications dont le rendement et les avantages allaient toujours croissant.

Pratiquement, dans toutes les entreprises publiques, le plus grand pourcentage de consommateurs est constitué par ceux qui emploient l'électricité pour l'éclairage, tandis que le plus faible pourcentage est de beaucoup celui même des plus forts abonnés à la force motrice et d'autres applications, bien que, dans beaucoup de cas, les recettes qu'on tire de ceux-ci dépassent largement celles procurées par le seul commerce d'éclairage.

Toute amélioration du rendement des lampes représente une économie pour le consommateur et a pour résultat une réduction de la quantité d'énergie électrique dépensée pour l'éclairage; le public est donc le premier à recueillir le fruit de ce progrès économique. Les recettes de l'entreprise sont nécessairement influencées comme conséquence immédiate de la baisse de consommation d'énergie par lampe due à un meilleur rendement, ce qui naturellement réduit la valeur du revenu provenant de la vente du courant électrique. Cette réduction se trouve ultérieurement compensée par un éclairage plus intense et par la venue de nouveaux abonnés gagnés à l'emploi de l'électricité par l'argument d'un service plus économique adapté à leurs moyens. Toutefois, l'alimentation de ces nouveaux abonnés nécessite une mise de fonds supplémentaire en lignes et équipements et, en supposant que les recettes de l'éclairage soient ramenées au même niveau qu'avant l'apparition de lampes plus économiques, le fardeau financier de l'entreprise publique a augmenté considérablement et la marge des bénéfices a diminué.

Il est évident que le service de lumière est plus onéreux à assurer que le service de force motrice à cause d'une plus grande mise de fonds dans des équipements compliqués, disséminés sur une grande superficie, avec des exigences plus grandes de réglage et autres, toutes ces circonstances représentant une augmentation proportionnelle des charges fixes et des frais généraux, du coût d'exploitation, d'entretien et d'administration. Et cependant cette source de recettes est recherchée avec ardeur et tous les efforts sont faits pour développer cette catégorie d'affaires, parce qu'elle constitue la charge type de la station centrale.

En prenant le nombre total des clients commerciaux et privés qui constituent le gros noyau des entreprises d'éclairage, nous trouvons qu'en moyenne le plus fort

Digitized by Google

pourcentage des consommateurs de lumière se trouve dans la dernière classe. Tous les encouragements possibles devraient être apportés dans toutes les agglomérations pour le développement de l'éclairage électrique privé parce qu'il procure des recettes plus stables que les autres catégories de clients dont la consommation est sujette à de grandes variations suivant les fluctuations du commerce, les conditions du marché, la prospérité, etc. De plus, la demande maximum des particuliers se produit à un moment favorable du fonctionnement quotidien de la station centrale, généralement pendant les périodes de faible charge, et contribue énormément à son exploitation économique, constituant d'ailleurs une source considérable de revenus très désirable à cause de sa grande diversité.

Tout le monde a compris, dès le début, l'importance capitale du problème de l'éclairage domestique, ainsi que sa complexité ; c'est seulement par la cohérence d'une action judicieuse qu'il peut être résolu avec succès au profit réciproque du public et des entreprises publiques.

Pour arriver à des résultats rémunérateurs satisfaisants, on doit obligatoirement considérer et tenir compte convenablement de deux facteurs : l'un, et peut-être aujourd'hui le plus important, est l'établissement d'un tarif permettant au client d'habitation l'emploi et la jouissance du service électrique non seulement pour l'éclairage mais pour les multiples appplications de la vie familiale.

Du règlement équitable de la question des tarifs dépend le succès de la propagande en faveur de ce second service, maintenant suffisamment développé et offert au chef de maison sous la forme d'applications électriques.

Logiquement, la redevance finale incombant au client doit comprendre : premièrement, le coût de production de la denrée, plus un bénéfice; cette charge n'est que peu influencée par le total de la fourniture exprimée en kilowatts-heure, mais il n'y a aucune distinction entre chaque unité produite, car il y a là un processus continu d'élaboration d'un produit de qualité et de structure physique uniformes ; deuxièmement, la charge de service couvrant toutes les dépenses qui proviennent du conditionnement du produit pour son transport, sa

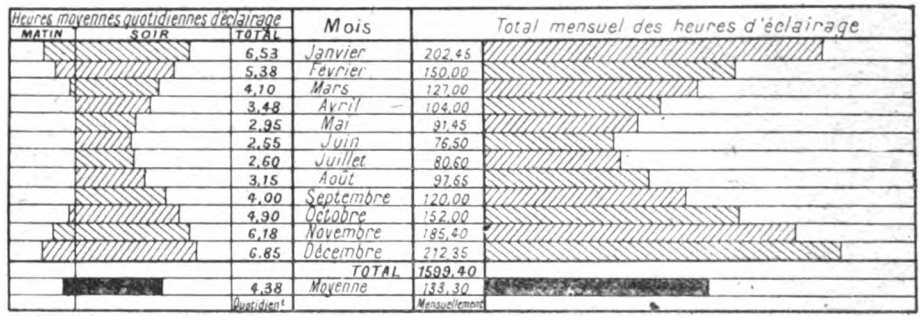


Fig. 1. — Heures moyennes annuelles d'éclairage artificiel des habitations privées.

distribution et sa livraison, en y comprenant les frais commerciaux de vente, recette des factures, crédit, administration et charges fixes, avec en plus un bénéfice.

On pourra, par exemple, imposer au tarif fort la consommation d'énergie correspondant à la demande maximum pendant une période de 30 heures et exprimée en kilowatts-heure. Le surplus sera payé aux prix de revient de l'énergie électrique à la station centrale, y compris les charges fixes, les pertes de transmission et, enfin, un bénéfice raisonnable ; ce dernier poste sera dit « taxe d'énergie », le premier constituant la « taxe de demande » parce qu'il dépend de la puissance maximum demandée; cette dernière pouvant être inférieure à la puissance reliée. L'exemple ci-dessous donnera une idée de ce mode de tarification.

L'analyse des résultats pratiques obtenus dans l'exploitation des entreprises publiques indique que les heures quotidiennes d'éclairage artificiel varient dans le courant de l'année comme le montre la figure 1, atteignant en moyenne 4,38 heures par jour, 133,3 heures par mois et un total de 1600 heures d'éclairage par an.

En classant les abonnés privés suivant le nombre de lampes de 50 w installées, ou leur équivalent, on trouve généralement que le facteur de demande varie d'une façon inversement proportionnelle à la puissance reliée, et approximativement comme suit.

1. Désignation du client.	A	B	C	D	E	F
2. Nombre de lampes...	10	20	40	60	80	100
3. Puissance reliée en kw	0,5	1	2	3	4	5
4. Nombre maximum de lampes allumées...	6	11	20	27	32	35
5. Demande maximum en kw.....	0,3	0,55	1	1,35	1,6	1,75
6. Facteur de demande en pour 100.....	60	55	50	45	40	35
7. Kw-h par mois en moyenne.....	20	40	70	70	110	125
8. Facteur de charge en pour 100.....	5,55	5,55	4,86	4,16	8,82	3,47

Ces clients, si on les taxe suivant un tarif uniforme de 10 cents par kilowatt-heure, ne peuvent guère songer, surtout les petits, à introduire dans leur foyer des applications de l'électricité. Mais si par exemple la taxe est de

Digitized by Google

10 cents pour 30 heures d'utilisation de la demande maximum, dont la moyenne est donnée à la ligne 5, et de 4 cents pour toute énergie consommée en surplus (cette taxe a été réduite jusqu'à 1 cent dans quelques localités), la note mensuelle moyenne de ces abonnés pour l'éclairage sera fortement réduite comme il est indiqué ci-après; la porte sera ouverte à un plus grand emploi du service offert, et l'introduction des applications de l'électricité dans l'habitation sera rendue possible.

Désignation du client.	A	B	C	D	E	F	
Taxe de demande....	0,90	1,65	3,00	4,05	4,80	5,25	$
Taxe d'énergie.....	0,44	0,94	1,60	1,98	2,48	2,90	$
Taxe totale.....	1,34	2,59	4,60	6,03	7,28	8,15	$
Au lieu de, à 10 cents par kw-h.....	2,00	4,00	7,00	9,00	11,00	12,50	$

La taxe uniforme au kilowatt-heure, qui était peut-être justifiée dans l'ancien temps, est maintenant irrationnelle depuis que des développements constants ont adapté l'électricité à une foule d'usages autres que le simple éclairage, et popularisé son emploi. La station centrale ne vend plus de l'énergie électrique sous forme de kilowatts-heure, mais plutôt un service électrique toujours aux ordres de ses abonnés pour tous buts et applications jugés convenables et compatibles avec l'état présent d'avancement de l'industrie. Une comparaison des deux taxes ci-dessus indiquées, quand elles sont appliquées aux petits consommateurs de la classe A qui représentent le plus grand pourcentage des clients d'habitation de la plupart des services publics, montre graphiquement sur la figure 2 l'absurdité du tarif uniforme.

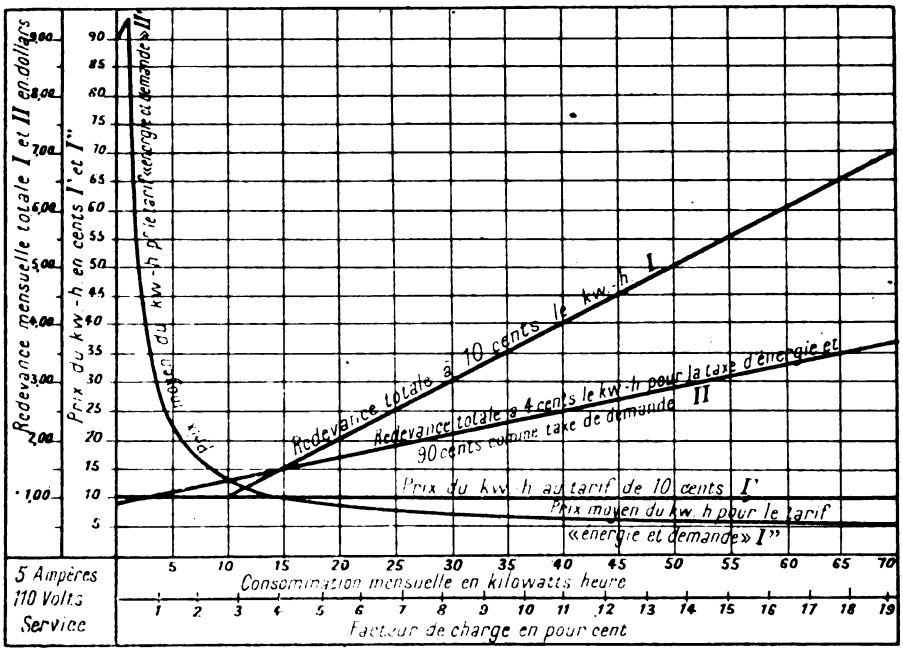


Fig. 2. — Comparaison entre un tarif uniforme à 10 cents et un tarif mixte d'énergie et de demande appliqués à un client d'habitation ayant une charge branchée de 0,5 kw.

La courbe I indique les dépenses totales en dollars pour un abonné dont la puissance totale reliée serait de 0,5 kw, mais dont la demande maximum ne serait que de 0,3 kw et qui paierait le kilowatt-heure au prix uniforme de 10 cents (droite I'). D'autre part, avec le tarif à deux postes, la courbe II donne les dépenses totales en dollars, évaluées comme il a été dit plus haut; on voit qu'elles sont d'autant moindres, par rapport, au cas I, que le nombre de kilowatts-heure consommés mensuellement est plus grand, et, comme conséquence, la courbe II', quotient des ordonnées par les abscisses de II, montre nettement la régression du prix moyen du kilowatt-heure. (Dollar, 5,20 fr; 10 cents, 0,052 fr).

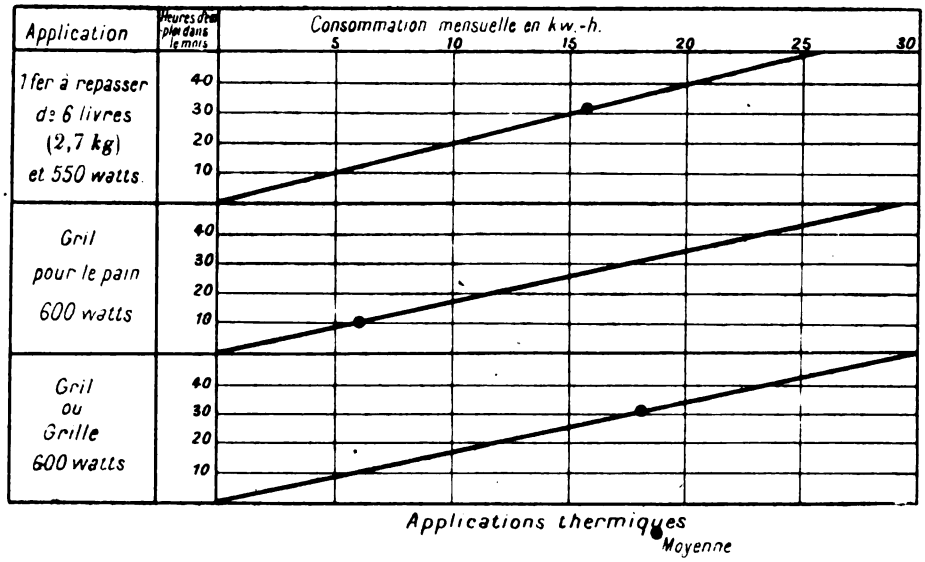
Il y a un point sur la courbe du tarif à 10 cents, point qui correspond à une consommation de 9 kw-h, où il existe un équilibre parfait entre la dépense totale pour l'énergie et le service (y compris le bénéfice); toute consommation au-dessus de ce point, défini par l'intersection de I avec I', sera surtaxée et serait bientôt hors de toutes proportions si le consommateur était contraint accidentellement à étendre l'emploi de l'électricité ou pouvait affronter les dépenses qui en résultent. Généralement, cet abonné est tenu à observer une grande circonspection à tarif fixe dans l'emploi du courant et doit s'abstenir d'usages extensifs autres que ceux strictement nécessaires, s'il ne veut pas s'exposer à des désagréments.

L'autre tarif travaille dans l'autre sens avec profit mutuel; le prix du kilowatt-heure consommé décroît quand la consommation augmente; l'abonné paye réellement ce qu'il use, met plus librement à profit le service et, en l'étendant à d'autres applications, améliore son

Digitized by Google

facteur de charge, tout en restant cependant dans les limites de sa demande maximum. L'entreprise publique reçoit une juste et exacte compensation pour le service réellement assuré et voit croître son facteur de diversité sans nouvelle mise de fonds ou dépenses supplémentaires, mais par l'augmentation du débit de l'équipement générateur, ce qui tend à réduire le coût de production.

Le service électrique s'harmonise immédiatement avec



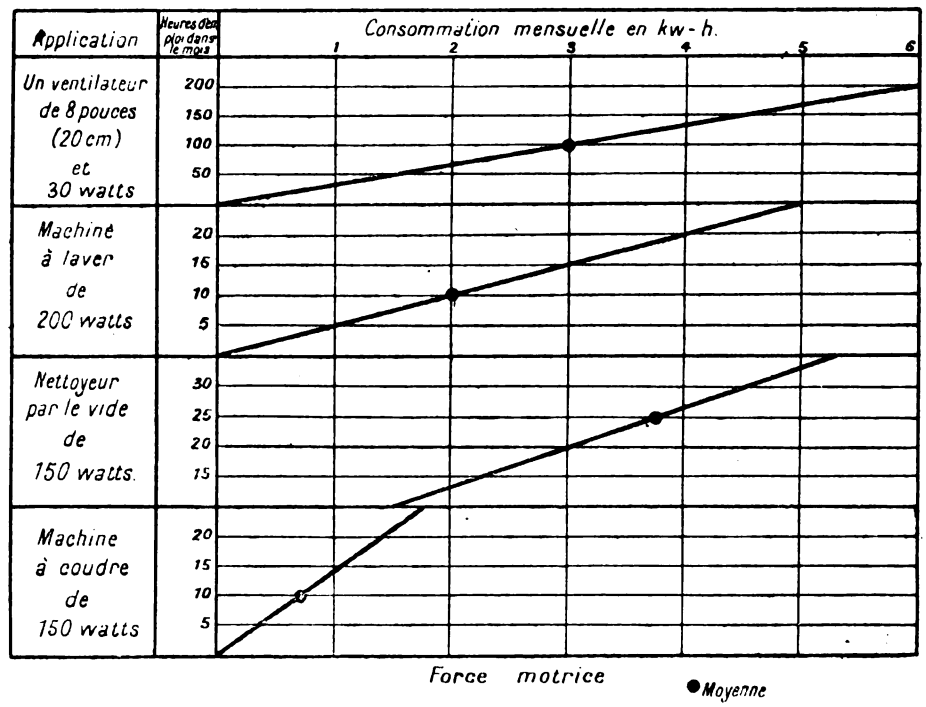


Fig. 3 et 4. — Applications diverses de l'électricité aux usages domestiques.

les principes généraux sur lesquels sont basés l'industrie et le commerce et il ne peut en être autrement, car il n'y a pas de raison pour que ce cas fasse exception.

En classant les applications électriques les plus populaires à la fois suivant leurs consommations respectives d'énergie et les heures moyennes mensuelles d'emploi dans le ménage, comme il est indiqué par des points sur les figures 3 et 4, nous voyons que le petit consommateur peut s'offrir un fer à repasser tout en maintenant sa note moyenne mensuelle dans les limites du tarif à 10 cents par kilowatt-heure ; c'est-à-dire qu'avec l'emploi moyen d'un fer à repasser de 550 w pendant trente heures par

Digitized by Google

mois, le prix de 4 cents par kilowatt-heure augmente la facture d'éclairage du consommateur A de 66 cents, soit de 1,34 $ à 2 $ avec la probabilité d'extension à d'autres applications ainsi que d'une augmentation de consommation d'éclairage de laquelle on peut attendre une élévation de la facture à 2,50 $ ou même plus. Ceci correspond à une augmentation des recettes de l'entreprise publique de 25 pour 100, et de plus gagne par la réclame libre et efficace des consommateurs satisfaits.

Le service public peut heureusement aller un pas plus loin dans la propagande de l'usage de son produit et de nouveau augmenter son revenu en appliquant une combinaison de la taxe de demande et d'énergie exposée plus haut avec une taxe d'ensemble pour la charge de force motrice, comme par exemple 4 cents pour la consommation d'énergie jusqu'à un certain nombre de kilowatts-heure et ensuite 2 cents pour tout surplus, ou toute autre subdivision pratique de la taxe d'ensemble.

Un tarif de ce genre ouvre un champ plus large à l'introduction d'applications électriques, spécialement pour la cuisine, charge à rechercher car elle se produit pendant la plus grande partie de l'année à un moment où une chute commence dans la courbe de charge quotidienne de la station centrale.

Il n'est pas nécessaire de faire ressortir les avantages offerts au chef de maison par les applications électriques en nombre toujours croissant, car elles sont parfaitement comprises et appréciées pour leurs commodités et leur grande utilité ; il n'y a aucun doute qu'une plus grande généralisation de ces applications sera faite à l'avenir et résultera des facilités offertes par la détermination logique des tarifs pour habitations. C'est là un problème compliqué lorsqu'on le juge d'après ses apparences générales, mais s'il est abordé convenablement et soumis à une étude systématique et une analyse soigneuse, il révélera à l'ingénieur la clé de sa solution.

George-P. Roux,
Ingénieur conseil à Philadelphie (Pa).

Revues, analyses et informations

Sur le calcul des réseaux de distribution [1].

I. — Méthodes actuellement employées. — *Considérations générales.* — Le calcul d'un grand réseau de distribution, dans une grande ville, présente généralement de grandes difficultés dues, non pas à l'ignorance des lois gouvernant les phénomènes en jeu, mais à la nécessité qui s'impose en pratique de devoir exposer d'une façon arbitraire les lois de variation de quelques-unes des quantités qui doivent ensuite servir de base aux calculs mêmes.

Une de ces quantités, malheureusement fondamentale, est le courant de distribution. On sait en effet combien est variable la *charge installée* des abonnés, combien il est difficile de la *connaître d'avance* et combien est complexe la loi de variabilité de la charge par rapport aux habitudes locales, au temps, aux besoins normaux et aux variations du *coefficient d'utilisation* de chaque réseau ou, ce qui revient au même, du courant de distribution. Il en résulte l'impossibilité de résoudre le problème d'une *façon précise*, et par une méthode de calcul rigoureuse, c'est-à-dire d'obtenir le maximum d'économie avec un minimum de pertes par la meilleure disposition des canalisations et par la distribution la plus appropriée des centres d'alimentation ainsi que par l'emplacement qui convient le mieux à la centrale et aux sous-stations éventuelles.

Un réseau bien établi, plus que le résultat de calculs plus ou moins laborieux, est, si l'on peut dire, une œuvre *artistique* au couronnement de laquelle concourent non seulement la connaissance approfondie des questions techniques et l'expérience nécessaire, mais également, et même plus, les aptitudes spéciales de celui qui doit l'établir dans tous ses détails.

Analyse des méthodes actuelles et de leurs bases communes. — Afin de rendre plus évidente cette dernière conclusion, l'auteur croit utile de rappeler d'une façon précise et succincte les bases de calcul et les lignes essentielles des différentes méthodes les plus employées et les plus connues et de les analyser pour faire remarquer les faiblesses de chacune et fournir ainsi, à ceux qui ont peu de pratique dans ces calculs, un moyen de jugement sur la voie à suivre lorsqu'ils sont appelés à résoudre une question de ce genre. Il rappelle ainsi les méthodes bien connues suivantes : méthode Coltri, méthode des courants ou des sections de Herzog, méthode de la transfiguration du réseau de Kennelly, méthode du calcul progressif des tronçons, méthode de Mullendorf. Il décrit en outre brièvement la méthode de calcul de Sengel, de Mullendorf et de Churchod pour la détermination des centres d'alimentation.

Avant d'analyser les méthodes précitées, il est utile de préciser schématiquement que, pour le calcul d'un réseau fait en se basant sur la connaissance de ces mêmes méthodes, on procède de la façon suivante :

1° Détermination de l'emplacement des charges sur le plan de la ville ;

2° Choix du système et spécialement de la nature du courant, du nombre de conducteurs et de la tension d'exploitation ;

3° Détermination des mailles du réseau, reliant entre eux, de la manière la plus appropriée, les points de chargement ;

4° Détermination de l'emplacement de la centrale et des sous-stations éventuelles ;

5° Détermination provisoire des sections des distributeurs et des longueurs nécessaires ;

6° Détermination des centres d'alimentation ;

7° Etude du réseau par une des méthodes mentionnées et modification en résultant pour les sections fixées provisoirement ;

8° Vérification des distributeurs au point de vue de l'équilibre ;

[1] Ing. A. Savino. *L'Elettricista*, 15 août 1917, 1er septembre 1917, 3e série, t. VI, p. 121-124 et p. 129-132.

Digitized by Google

9° Calcul des feeders en se basant sur les résultats obtenus ;

10° Eventuellement calcul des conduites d'équilibre.

Cette simple énumération montre l'importance du problème au double point de vue technique et commercial. D'autre part, les méthodes de calcul de réseaux que l'on prétend être des *méthodes exactes* n'étudient pas le problème en son entier, puisqu'elles n'indiquent pas, à la fin des calculs laborieux qu'elles comportent, si le système de distribution choisi est le plus approprié, si l'emplacement de la centrale et des sous-stations est celui qui convient le mieux, si le parcours des canalisations est bien choisi eu égard aux frais, à la distribution des courants, à l'équilibre et au réglage des réseaux. On a recours à ces méthodes seulement lorsque les conditions les plus importantes du problème ont été déjà posées ou résolues en s'imaginant de faire un travail d'achèvement, tandis que les méthodes elles-mêmes se basent sur la connaissance de quantités qu'il n'est pas possible de préciser.

Si l'on analyse les méthodes de Mullendorf, de Sengel et de Curchod, pour la détermination des centres d'alimentation, l'on voit que les connaissances nécessaires et qui sont communes à toutes ces méthodes sont les suivantes :

1° Charge totale et charges simultanées ;

2° Distribution précise de la charge.

Ces données sont précisément celles qui sont les plus difficiles à établir et représentent, comme on le verra, la partie la plus délicate du problème.

Des trois méthodes en question, celle de Mullendorf seulement offre un mode pour la solution pratique du problème en déterminant les zones d'action de chaque centre.

En ce qui concerne les méthodes de calcul des réseaux précédemment énumérées, on peut affirmer que toutes sont basées sur les connaissances préliminaires suivantes :

1° Connaissance précise des charges et de leur emplacement ;

2° Possibilité de fixer préalablement les parcours de distributeurs et leurs sections ;

3° Connaissance des points d'alimentation.

En outre, la méthode Coltri suppose en plus la connaissance du potentiel aux centres d'alimentation.

Tous les techniciens connaissent les calculs que comportent toutes ces méthodes. La méthode de la transfiguration n'est pas facile à appliquer pour le calcul d'un réseau de 300 ou 400 mailles parce qu'elle ne permet pas de se rendre compte de la valeur du réseau au point de vue de l'équilibre et de l'élasticité.

Les méthodes de Coltri et de Herzog appliquées à un réseau de 200 ou 300 nœuds comportant plusieurs dizaines de centres d'alimentation qui ne dépendent pas tous de la centrale, mais de différentes sous-stations et sujets pratiquement à des réglages différents, conduiraient à de telles complications de calculs qu'il vaut mieux les écarter a priori, même si la base et les résultats de ces calculs pouvaient être considérés exempts d'erreurs. En effet, elles supposent que le système de distribution choisi par rapport au nombre de conducteurs reste tel dans tous les tronçons, tandis qu'en réalité des raisons d'économie, de pose et d'exploitation conseillent et obligent à subdiviser le système principal en d'autres systèmes secondaires.

Les équations seraient alors difficiles, non seulement à résoudre, mais aussi à établir. D'autre part, un réseau ne travaille pas toujours dans des conditions idéales préalablement déterminées, c'est-à-dire avec toutes les mailles fermées et avec tous les *feeders* en place.

Analysons maintenant les bases communes à ces méthodes :

1° *Connaissance précise des charges et de leur emplacement.* — La connaissance des charges est nécessaire pour pouvoir établir le réseau et déterminer la puissance de chaque unité de la centrale et, par conséquent, les capitaux nécessaires ainsi que les bénéfices probables. La connaissance de l'emplacement des charges est également nécessaire pour la détermination des centres d'alimentation et pour l'étude de la distribution du courant ; mais il n'est pas possible d'acquérir ces connaissances avec précision avant la construction même du réseau pour les raisons suivantes : *a*) ignorance du nombre, même approximatif, des abonnés et de leur consommation présente et future ; *b*) prévisions sur les coefficients d'utilisation ; *c*) connaissance imprécise des habitudes des habitants. Il est donc absurde d'appeler précis et rigoureux un calcul qui a de telles bases, de même qu'il serait puéril de prétendre de pouvoir déterminer les sections des distributeurs d'un réseau lorsque les éléments essentiels manquent de la précision voulue.

2° *Possibilité de fixer préalablement les parcours des distributeurs et leurs sections.* — De ce qui précède, on voit toutes les difficultés à vaincre pour cette seconde partie. En effet, si, sur les plans d'une ville déterminée, on indiquait les points de chargement et la valeur de chaque charge et si on les soumettait à plusieurs techniciens dans le but de fixer les distributeurs, il y aurait autant de solutions différentes qu'il y aurait d'opérateurs. Cependant, il est évident qu'il faudrait pouvoir obtenir une seule et unique solution, vu que la fixation des parcours des distributeurs représente le côté le plus important de la question aux points de vue de l'économie, du réglage et de l'élasticité du réseau. D'autre part, les sections provisoires ne peuvent être déterminées qu'en base à des calculs ou prévisions dont l'approximation n'est pas moindre que celle obtenue par des méthodes soi-disant exactes.

3° *Connaissance des points d'alimentation.* — Cette base est conséquence de la première et conduit nécessairement aux mêmes remarques. En outre, tout en admettant la connaissance précise de la charge, le choix des points d'alimentation ne peut être soumis à un calcul rigoureux. Il suffirait de faire appliquer les méthodes précitées à un réseau déterminé par différentes personnes pour se convaincre que chaque méthode, quoiqu'elle ait l'apparence d'être exacte, donnerait lieu à des résultats différents pour chaque opérateur. D'autres facteurs qui influent, non seulement sur le côté économique, mais également sur l'exploitation, puisque le réglage, l'équilibre et l'élasticité du réseau en dépendent, sont ceux qui ont trait au parcours des *feeders* et à leur répartition ; c'est-à-dire, doivent-ils partir de la centrale séparément ou bien en groupes par des conduites collectrices, ou encore doivent-ils partir de plusieurs sous-stations en groupes séparés ou en groupes par des conduites collectrices ? Du parcours des *feeders* dépend en outre l'établissement des centres d'alimentation et l'importance à donner à chaque *feeder*.

II. — Méthode de calcul proposée par l'auteur. — Nous croyons utile d'exposer quel devrait être le procédé à suivre pour le calcul d'un grand réseau de distribution.

1. *Etude de la ville et prévision des charges.* — On doit faire l'étude de la ville sur place pour : 1° se rendre compte exactement de l'importance des différentes rues au point de vue des abonnés et classer les rues en un certain nombre

Digitized by Google

de catégories, ce qui permet de prévoir les difficultés de la pose des conduites; 2° mieux étudier les habitudes des habitants et, en toute connaissance de cause, pouvoir déterminer le coefficient moyen d'utilisation, non seulement pour chaque catégorie de rues, mais également pour chaque maison. Il est utile de considérer l'éclairage séparément de la force motrice pour être à même de juger si un réseau unique suffira ou bien s'il faudra des réseaux indépendants.

2. *Choix du système.* — On fera le choix du système de distribution à adopter : tension, nature du courant et nombre de conducteurs, en se basant sur les résultats des considérations précédentes.

L'idée prédominante en tout cela doit être celle de pouvoir choisir le meilleur système de réglage, ce qui réduit les frais de premier établissement et assure une meilleure exploitation; on doit en outre tenir compte du développement probable de l'entreprise, afin de pouvoir satisfaire aux exigences futures de la manière la plus simple et la moins dispendieuse.

3. *Emplacement de la centrale, des sous-stations et des centres d'alimentation.* — N'étant pas toujours libres du choix de ces éléments, il faut faire état de toutes les circonstances favorables pour se convaincre si la centrale seule suffit ou bien s'il faut prévoir des sous-stations; on fixera ensuite l'importance de chaque sous-station, de leur connexion à la centrale et des lignes de compensation éventuelles entre les sous-stations. En connaissant déjà à fond les zones de la ville et leur importance et ayant choisi le système de distribution, il sera dès lors facile à un technicien pratique d'établir après quelques essais les meilleurs emplacements précités. Afin de tenir compte du facteur économique, on fera des calculs de prévisions, pour déterminer les zones d'action de chaque sous-station, en prenant en considération les centres à alimenter, leur importance probable, le parcours des *feeders* et, par conséquent, leur section, basée sur les pertes admissibles, les difficultés de la pose et enfin les futures exigences probables de l'exploitation. Comme on le verra, il sera aisé d'établir l'importance de chaque centre d'alimentation puisque le calcul des distributeurs est basé sur leur zone ou rayon d'action. Dès lors, on connaît tous les éléments nécessaires c'est-à-dire : débit de chaque centre et longueur des *feeders* correspondants; il ne reste ainsi qu'à retoucher le réseau des distributeurs que l'on aura dessiné pendant l'analyse précédente et procéder au calcul des sections des différents tronçons.

4. *Calcul des distributeurs.* — Pour ce calcul, l'auteur propose la méthode suivante qui a donné les meilleurs résultats, soit lorsqu'on l'applique aux réseaux donnés comme exemples de calcul par les auteurs des méthodes cités précédemment, soit à des réseaux déjà installés de petite ou de très grande importance. De tout ce qui précède, on pourra donc : 1° diviser le réseau en différentes zones suivant l'importance de la charge; 2° établir pour chaque zone la distance moyenne entre les centres d'alimentation; 3° marquer dans chaque tronçon les charges prévues et fixer le coefficient moyen d'utilisation. Après cela, on fera les hypothèses suivantes :

1° On supposera les charges uniformément réparties sur chaque tronçon (fig. 1) et on déterminera les watts installés par mètre w; avec cette valeur et celle du coefficient d'utilisation τ on pourra, pour chaque zone, diviser les divers tronçons en plusieurs catégories, pour chacune desquelles la charge simultanée est de τw watts par mètre; 2° si $2l$ est la distance moyenne entre deux centres d'alimentation de chaque zone, on peut admettre — et c'est ici que réside l'approximation de la méthode — que le rayon d'action de chaque centre soit l et qu'à cette distance donc on ait la perte de tension maximum p admise.

On pourra dès lors supposer la charge i d'un tronçon

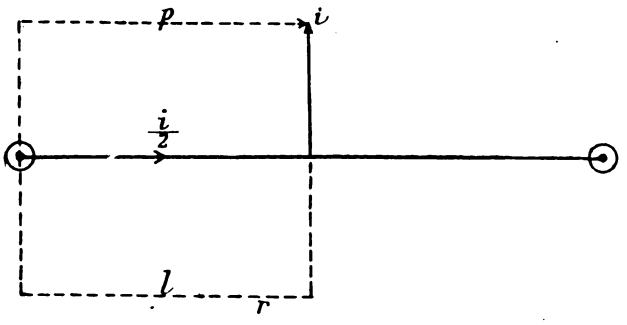


Fig. 1.

reliant deux centres comme étant appliquée au milieu de $2l$; de chaque centre partira un courant $\frac{i}{2}$; on aura alors $p = \frac{i}{2} r = \frac{i}{2} \times \frac{l}{57\,s}$. Si τw est la charge simultanée en watts par mètre, la charge totale sur $2l$ sera $\frac{2l\tau w}{E}$; d'où, si E représente la tension d'exploitation, on aura $i = \frac{2l\tau w}{E}$; en substituant, on a $p = \frac{l\tau w}{E} \times \frac{1}{57\,s} = l.\,\Delta e$ où Δe est la perte de tension en volts par mètre. On en déduit alors $s = \frac{\tau w}{E} \times \frac{l}{57.\,\Delta e}$.

Puisque pour chaque catégorie l'on connaît τ ainsi que l, E et Δe, si l'on désigne par $W = \tau w$, la charge effectuée par mètre, et par $K = \frac{l}{E\,57 \times \Delta e}$, on pourra écrire $s = K\,W$.

Une remarque est nécessaire pour ce qui concerne la valeur de W à savoir : il faut supposer chaque surface de rayon l, autour d'un centre, comme détachée du reste du

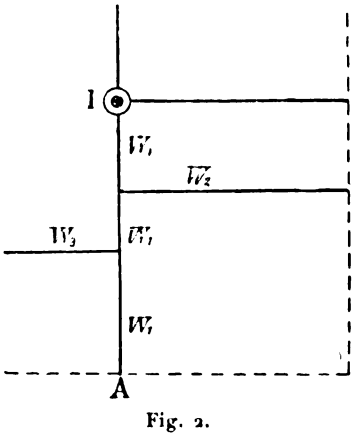


Fig. 2.

réseau; il y aura alors des tronçons qui doivent convoyer non seulement leur propre charge mais également celle à distribuer dans d'autres qui leur sont branchés.

Par exemple, dans la figure 2 sur une partie du tronçon

Digitized by Google

A, il y aura la charge. $W = W_1 + W_2 + W_3$. Sur une autre partie : $W = W_1 + W_3$ et sur le reste : $W'' = W_1$.

Il ne faut cependant pas croire qu'on peut appliquer mécaniquement la formule ci-dessus, mais bien au contraire elle peut être employée seulement par une personne expérimentée, capable de juger à première vue si une erreur grossière ne s'est pas glissée. W étant donc la charge maximum simultanée par mètre sur chaque tronçon et K étant un nombre déterminé, on pourra calculer la section de chaque tronçon, qu'on fixera en tenant compte des conducteurs du commerce et en gardant la même section dans une même rue. On pourra donc établir les notions de chaque catégorie de chaque zone et l'on dressera un tableau comme celui-ci :

Zone A.

$K = 0{,}40$ $l = 300$ m.

$e = 0{,}03$ volts

CATÉGORIE	η	w	W	s	OBSERVATIONS
1	0,5	400	200	80	
2	0,3	300	90	36	
3	0,2	750	150	60	

où l'on a supposé $p = 9$ v ; $E = 440$ v.

On pourrait, au besoin, vérifier les calculs ci-dessus pour chaque zone en appliquant à un certain nombre de mailles alimentées par un certain nombre de centres, une des méthodes des auteurs précédemment mentionnés et ainsi juger s'il y a lieu de modifier les sections des conducteurs de quelques-unes des catégories dans un sens ou dans l'autre, tout en tenant compte toujours des dimensions commerciales des conducteurs.

Les avantages de la méthode exposée peuvent se résumer comme suit : 1° simplicité de calcul ; 2° résultats satisfaisants même au point de vue de l'exploitation ; 3° nombre restreint de sections des distributeurs, ce qui confirme son application pratique ; 4° contrôle et modification des résultats obtenus sans recourir à des calculs compliqués et laborieux ; 5° facilité d'examiner les conditions des différents tronçons pendant l'exploitation ; 6° facilité de juger si la valeur fixée pour E convient ou non ; 7° facilité de contrôler la distance fixée entre les différents centres.

Calcul des feeders. — Pour calculer la section des feeders, il suffit de diviser chaque zone en plusieurs surfaces ayant pour centre les centres d'alimentation et l comme rayon moyen, et d'attribuer à chaque centre la charge totale répartie dans la surface correspondante. On pourrait aussi appliquer la méthode de Mullendorf, mais le calcul en serait compliqué.

Nous ne prétendons évidemment pas qu'un réseau ainsi calculé puisse répondre en toute sécurité à toutes les exigences de l'exploitation future, parce que, comme on l'a déjà dit, une méthode basée sur des bases incertaines ne peut pas donner des résultats sûrs et irréprochables. Pour corriger les défauts que la pratique aura montrés, on peut recourir à divers expédients : 1° le réglage des potentiels aux centres, d'où dépend évidemment la distribution des courants ; 2° la pose d'une conduite d'équilibre ; 3° le renforcement d'un tronçon insuffisant ; 4° l'adjonction d'un nouveau centre d'alimentation ; 5° la mise en parallèle de *feeders* de la même zone ou de zones distinctes. Ces expédients sont en quelque sorte nécessaires, parce que, outre le fait qu'il n'est pas possible de s'en passer avec l'aide de n'importe quel calcul, ils répondent aux besoins pratiques auxquels il faut satisfaire et qu'il ne faut pas perdre de vue, parce qu'il est évident que le diagramme des charges des différentes zones n'est pas toujours constant ; qu'il n'est pratiquement pas possible de régler simultanément tous les centres d'alimentation ; qu'on ne peut pas prévoir des charges transitoires pour des fêtes publiques ou privées — demandes auxquelles il est presque toujours nécessaire de donner satisfaction.

Somme toute, la méthode de calcul exposée se base sur l'idée suivante :

Vu qu'il est impossible de fixer avec précision les bases du problème, toute méthode de calcul est approximative et, par conséquent, l'opportunité de suivre une méthode de préférence à une autre dépend de la simplicité des calculs et de la valeur des résultats ; on corrigera les défauts — s'ils ne sont pas graves, bien entendu — après l'installation du réseau en se basant alors sur des données certaines et pour cela, il est nécessaire de ne pas perdre de vue cette éventualité dès le début.

Problème et exemple d'application courante en exploitation. — A titre d'exemple, nous examinerons un problème qui se présente souvent dans l'exploitation des grandes villes et qui est le suivant :

« En un point de la ville, proche d'un centre d'alimentation, on demande une forte charge provisoire à une époque où on prévoit que les charges des zones voisines à celle du centre en question seront ou normales ou même inférieures à la charge normale. »

La solution de ce problème sera simple si, lors de l'établissement du réseau, on aura disposé les choses de façon à pouvoir réunir en parallèle, en un point déterminé, dont le choix serait facile comme on le verra, le *feeder* de la zone intéressée avec un ou même plusieurs *feeders* des zones adjacentes. On voit immédiatement que pour cela il est nécessaire que les différents *feeders* suivent le plus possible le même parcours parce que, outre l'économie réalisable, cet expédient peut être utilisé souvent aux fins de l'équilibre et du réglage.

Voyons ce qui se passe lorsqu'on réunit en parallèle deux *feeders* en un point quelconque hors de la centrale ou des sous-stations. La figure 3 montre les *feeders* I et II qui

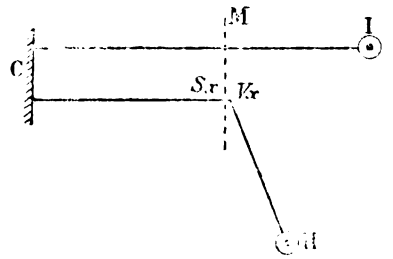


Fig. 3.

suivent le même parcours jusqu'au point M ; supposons qu'on les réunisse en un point quelconque x de leur parcours.

Soient : V le potentiel à la centrale ; V_1 le potentiel au centre I ; V_2 le potentiel au centre II ; r_1 la résistance par mètre

Digitized by Google

du *feeder* I ; r_2 la résistance par mètre du *feeder* II ; R_1 la résistance totale du *feeder* I ; R_2 la résistance totale du *feeder* II ; I_1 l'intensité de courant dans le *feeder* I avant la mise en parallèle ; I_2 l'intensité de courant dans le *feeder* II avant la mise en parallèle.

Posons en outre

$$V - V_1 = I_1 R_1 = \varepsilon_1 ; \quad V - V_2 = I_2 R_2 = \varepsilon_2.$$

Si m est la distance en mètres entre le point x et la centrale, les potentiels des *feeders* I et II seront

$$V_{x_1} = V - m_{x_1} r_1 I_1, \; V_{x_2} = V - m_{x_2} r_2 I_2.$$

La différence de potentiel à ce point, entre les deux *feeders*, sera donc

$$\delta_{x_1-2} = V_{x_1} - V_{x_2} = m_{x_2} r_2 \frac{\varepsilon_2}{R_2} - m_{x_1} r_1 \frac{\varepsilon_1}{R_1} =$$

$$= m_{x_2} r_2 \left(\frac{\varepsilon_2}{R_2} - \frac{m_{x_1} r_1}{m_{x_2} r_2} \frac{\varepsilon_1}{R_1} \right). \qquad (A)$$

Les valeurs de cette expression étant toutes positives, la valeur de δ_{x_1-2} sera positive, négative ou nulle selon la valeur et le signe du facteur entre parenthèses. En posant donc, $R_{x_1} = m_{x_1} r_1$; $R_{x_2} = m_{x_2} r_2$, on aura

$$\delta_{x_1-2} \gtrless 0 \quad \text{pour} \quad \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \frac{R_{x_2}}{R_{x_1}} \frac{R_1}{R_2} \gtrless 1. \qquad (1)$$

Dans le cas où les *feeders* partent du même point et suivent le même parcours comme c'est le cas de la figure 3, et s'il était plus facile de connaître les valeurs des courants I_1 et I_2, la formule (1) serait simplifiée comme suit

$$\delta_{x_1-2} \gtrless 0 \quad \text{pour} \quad \frac{I_1}{I_2} \frac{r_2}{r_1} \gtrless 1$$

ou bien en indiquant par s les sections

$$\delta_{x_1-2} \gtrless 0 \quad \text{pour} \quad \frac{I_1}{I_2} \frac{s_1}{s_2} \gtrless 1, \qquad (2)$$

ce qui est d'ailleurs évident. — L'expression (1) est d'une application générale puisqu'elle s'applique même dans le cas où les *feeders* ne partent pas du même point ou qu'ils ne suivent pas le même parcours (cas de centrales avec

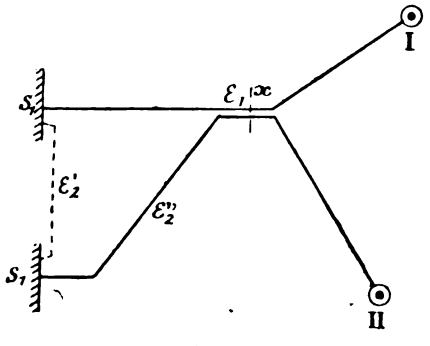


Fig. 4.

sous-stations) jusqu'au point considéré. — Dans ce cas cependant ε_2 de la formule (1) serait représenté par la somme algébrique $-\varepsilon_2 = \varepsilon'_2 + \varepsilon''_2$, où ε'_2 = différence de potentiel entre les deux sous-stations et ε''_2 = différence de potentiel entre la seconde sous-station et le centre II (fig. 4).

— Puisqu'on peut connaître les valeurs de ε par des mesures directes ou par des calculs, les expressions (1) et (2) permettront de juger, par des données certaines, de l'effet résultant de la mise en parallèle ; on pourra ainsi se rendre compte, par un calcul très simple, lequel des centres aura une plus grande alimentation par suite de la mise en parallèle. — La formule (1) nous indique pourtant que l'effet varie avec ε, c'est-à-dire avec les courants d'alimentation et que, sauf pour des valeurs anormales des résistances des *feeders*, la mise en parallèle aura pour effet d'améliorer les conditions du centre le plus chargé.

Un exemple donnera une idée exacte de ce qui se passe.

Soit V_x le potentiel en M après la mise en parallèle (fig. 3). Il est évident que, en reliant les *feeders* au point M, on substitue à la résistance des feeders (reliés déjà en parallèle précédemment par le reste du réseau aux centres I et II) la résistance plus complexe des deux tronçons C M, en parallèle, mis en série avec les deux autres tronçons qui sont à leur tour reliés en parallèle par le reste du réseau. Donc les conditions précédentes d'équilibre changeront, de même que la différence de potentiel entre les deux centres en question sera différente ; la distribution des courants sera conséquemment différente en une zone plus ou moins grande du réseau qui relie les deux centres.

On peut dire que l'effet obtenu sera le même que celui qu'on obtiendrait si les deux *feeders* partaient d'une sous-station établie au point M à un potentiel de départ plus bas qu'avant et ayant une valeur V_x. Si l'on pose approximativement : $I = I_1 + I_2 = I_1' + I_2'$ où I_1' et I_2' représentent les courants dans les *feeders* après leur mise en parallèle, on peut écrire tout de suite pour le côté CM : $\frac{I_1'}{I_2'} = \frac{R_{x_2}}{R_{x_1}} = \frac{s_1}{s_2}$ où les s représentent les sections des *feeders* correspondants ; ces sections étant constantes, il en résulte que les valeurs de C à M seront $I_1' = I_1 \frac{s_1}{s_1 + s_2}$; et $I_2' = I_2 \frac{s_2}{s_1 + s_2}$. Mais, en vertu de ce qui précède, après la mise en parallèle on aura au point M la relation suivante

$$V - V_x = V - \frac{R_{x_1} R_{x_2}}{R_{x_1} + R_{x_2}} (I_1 + I_2) = \delta'_x,$$

tandis qu'avant la mise en parallèle on avait en ce même point M du *feeder* II : $V - V'_{x_2} = V - R_{x_2} I_2 = \delta_{x_2}$; donc la variation de potentiel qui résultera de la mise en parallèle sera donnée par

$$\Delta_{x_2} = \delta'_x - \delta_{x_2} = R_{x_2} I_2 - \frac{R_{x_1} R_{x_2}}{R_{x_1} + R_{x_2}} (I_1 + I_2). \qquad (3)$$

En gardant les notations précédentes et en désignant par l les longueurs supposons que l'on ait

$l_1 =$ 1 065 m,	$l_2 =$ 785 m,
$s_1 =$ 150 mm²,	$s_2 =$ 70 mm²,
$I_1 =$ 190 A,	$I_2 =$ 140 A,
$\varepsilon_1 =$ 23,6 V,	$\varepsilon_2 =$ 27,46 V,
$R_1 =$ 0,124 Ω,	$R_2 =$ 0,196 Ω.

Supposons que l'on fasse la mise en parallèle au point x distant de 25 m du centre II et de 265 m du centre I ; on aura alors : $R_{x_1} = 0{,}0933\,\Omega$; $R_{x_2} = 0{,}1899\,\Omega$. En substituant dans la formule (3) on aura

$$\Delta_{x_2} = 140 \times 0{,}1899 - \frac{0{,}0933 \times 0{,}1899}{0{,}0733 + 0{,}1899} (140 + 190) =$$

$$= 26{,}58 - 20{,}58 = 6 \text{ V}.$$

Digitized by Google

Donc, au point considéré, il y aura 6 v de plus, par rapport au centre II, sur la valeur précédente du potentiel. Mais, puisque la résistance du tronçon compris entre x et II est de $0{,}0175 \times \frac{27}{70} \times 0{,}00625\ \Omega$, il y aurait sur ce tronçon, par le fait de la mise en parallèle, un courant de $\frac{6}{0{,}00625} = 960$ A.

Le calcul précédent est approximatif seulement, et il n'a servi qu'à donner une idée de ce qui peut arriver; mais en réalité par le fait que l'alimentation est changée aux centres I et II, les alimentations et la distribution des courants dans les zones environnantes changeront aussi. Les ε seront en somme modifiés et, par conséquent, le phénomène prend une importance moindre que celle du résultat obtenu. Mais l'exemple nous a permis de mettre en évidence un autre fait et précisément que, dans des conditions spéciales d'alimentation aux autres points du réseau, et pour des valeurs particulières des ε et des R et des R_x des feeders considérés, il peut se faire que l'un des centres cesse de recevoir du courant de la station de départ du *feeder* correspondant pour en prendre au contraire du réseau et en donner à l'autre centre.

Dans le cas en question la formule (A) peut prendre la forme

$$\delta_{x_1-2} = R_{x_2}\left(I_2 - \frac{R_{x_1}}{R_{x_2}} I_1\right);$$

d'où en substituant on aura

$$\delta_{x_1-2} = 0{,}1899\left(140 - \frac{0{,}0933}{0{,}1899} \times 190\right) = 11 \text{ v.}$$

C'est-à-dire que l'on a pour δ_{x_1-2} une valeur correspondante presque double de celle trouvée pour Δ_{x_2}, ce qui nous autorise, pour une vérification approximative, à calculer seulement la valeur de δ_{x_1-2} et supposer

$$\Delta_{x_2} = \frac{\delta_{x_1-2}}{2}.$$

On pourra ainsi, par un seul calcul très simple, avoir une idée claire du résultat et, par conséquent, juger si c'est le cas de procéder à des calculs plus détaillés ou bien s'il convient d'examiner des mises en parallèle autres que celles que l'on aurait considérées.

Dans tout ce qui précède, on a parlé de réseaux à courant continu, mais il est évident que les mêmes raisonnements peuvent s'appliquer à des réseaux à courant alternatif, et spécialement pour les réseaux d'éclairage en considérant que les *feeders* que l'on examine aient des facteurs de puissance égaux.

M. C.

La magnéto à haute tension et son application aux moteurs d'aéroplanes (1).

Dans une note lue à l'Aeronautical Society, M. A.-P. Young donne des indications très intéressantes sur certains modèles de magnétos de construction anglaise et sur les conditions à remplir pour l'application spéciale aux moteurs d'aéroplanes.

(1) A.-P. Young, *Electrician*, 14 septembre 1917, p. 922; 21 septembre, p. 963.; 28 septembre, p. 998; 5 octobre, p. 7.

Après un court exposé historique rappelant des notions connues, l'auteur passe à quelques considérations générales et il signale, entre autres choses, la disposition « à circuit interrompu » (spark gap) pour le distributeur haute tension. On sait que l'usage le plus répandu jusqu'ici consiste à faire tourner dans le distributeur un balai relié à une borne haute tension; ce balai en tournant passe successivement devant des plots reliés aux bougies du moteur et allume ainsi les cylindres dans l'ordre convenable. Le frottement du balai sur des surfaces alternativement conductrices et isolantes provoque sur ces dernières le dépôt de traces métalliques qui établissent des dérivations entre les plots et peuvent causer des inflammations intempestives. Cet inconvénient est évité, sans diminuer l'efficacité de la magnéto, en laissant entre le balai et les plots un très petit intervalle (0,25 mm environ) que l'étincelle franchit aisément. Le système est, paraît-il, presque uniquement employé en Amérique.

Pour le choix des aimants, la British Thomson-Houston Co a adopté comme règle d'exiger que le produit de l'induction rémanente par le champ coercitif ne soit pas inférieur à 580 000, le champ coercitif lui-même ne devant pas être inférieur à 55 ! (Ce dernier nombre semble bien faible, car si $\mathcal{B}_r \mathcal{H}_c > 580\,000$, comme $\mathcal{B}_r$ dépasse rarement 6 000, il faut évidemment $\mathcal{H}_c > 100$!)

Les renseignements pratiques que l'auteur publie sur la magnéto huit cylindres, type A 8 S, de la British Thomson-Houston sont des plus intéressants; c'est une magnéto à volet tournant et à armature fixe, qui fournit quatre étincelles par tour.

Pour donner une idée de la complication de ce genre de machines, il suffit de faire remarquer que la magnéto en question renferme 860 pièces, dont 397 de dessins différents.

Le flux magnétique utile atteint 32 000 maxwells et le flux total des aimants 45 000 maxwells, ce qui donne pour l'induction maximum 8 500 gauss dans le noyau et 5 900 gauss dans les aimants.

Le point de départ des calculs de l'auteur est la courbe oscillographique des forces électromotrices du primaire

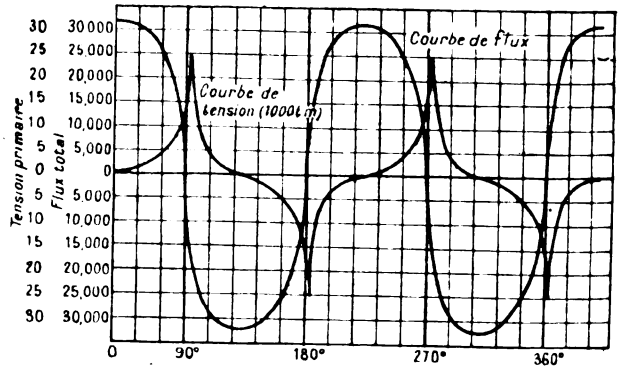


Fig. 1.

(fig. 1), de laquelle il déduit, graphiquement, la courbe de flux.

Partant encore des courbes de force électromotrice, on déduit, par le calcul, la forme des courbes de courant aux différentes vitesses, figure 2. Il y a lieu de remarquer qu'aux grandes vitesses l'intensité maximum est plus faible qu'aux valeurs moyennes, ce qui est probablement dû aux courants de Foucault induits dans la masse des volets tournants.

Des courbes de la figure 2 on peut tirer, figure 3, la

Digitized by Google

variation du courant maximum et la position de ce maximum en fonction de la vitesse. On voit sur la figure 2 que, la rupture se faisant au point indiqué par le trait

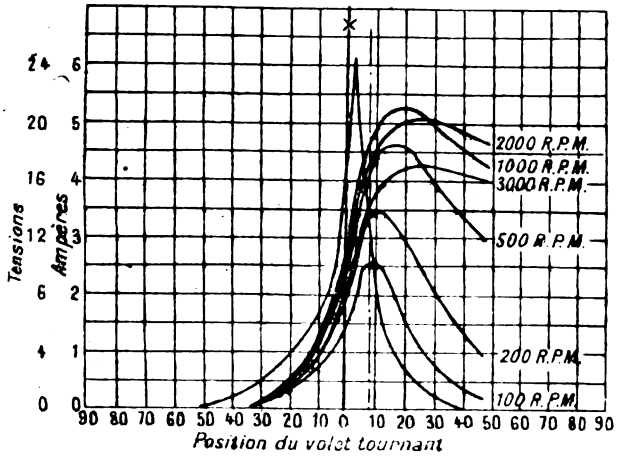


Fig. 2.

interrompu, l'intensité de rupture I_r conserve, à toutes les vitesses, une valeur suffisante qui est indiquée sur la figure 4 en fonction de la vitesse, ainsi que l'énergie dis-

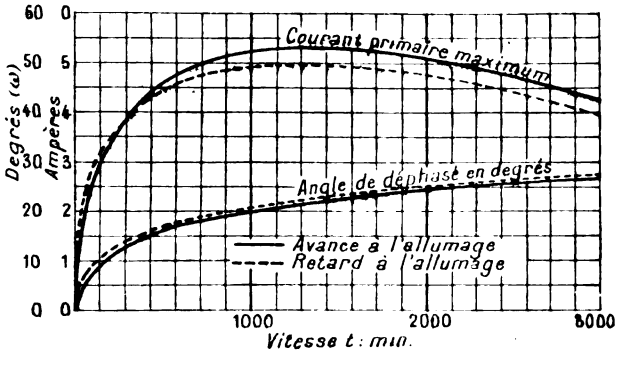


Fig. 3.

ponible à chaque rupture $\frac{1}{2} L I_r^2$. Le maximum d'énergie, 0.11 joule, est obtenu à 1 000 t : min.

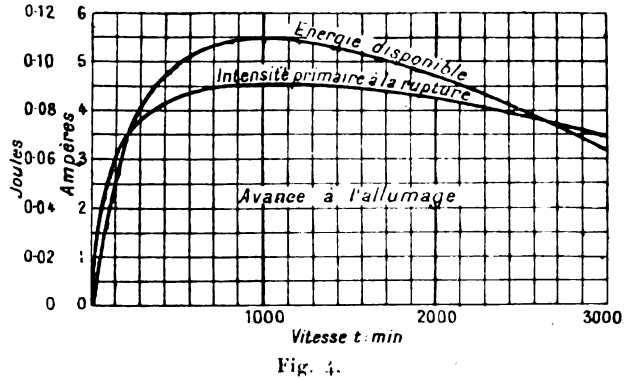


Fig. 4.

La mesure directe de l'énergie fournie par les étincelles secondaires a été faite par une méthode calorimétrique et la courbe figure 5, qui résume ces essais montre la même allure générale que la courbe calculée de la figure 4, avec cette différence que l'on ne retrouve guère dans l'étincelle que 80 pour 100 de l'énergie calculée.

La courbe de tension qui se trouve aussi sur la figure 5 montre que la tension nécessaire est atteinte à la vitesse de 600 t : min; en effet, les essais sur une nouvelle bougie ont

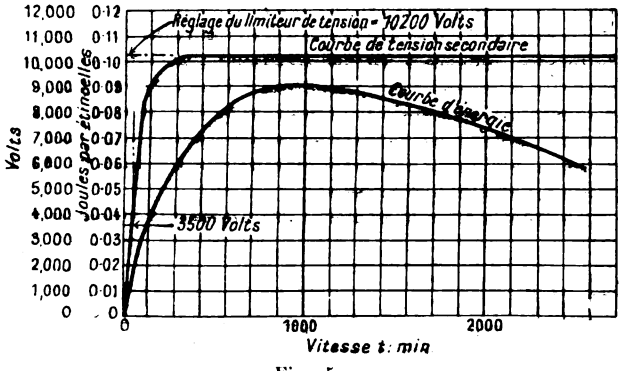


Fig. 5.

montré qu'il suffisait de 3 500 v pour faire jaillir l'étincelle entre les électrodes, la pression du mélange gazeux étant de 6,65 kg : cm² ; cette valeur est très largement dépassée à la marche normale de 1 800 t : min. Comme on le voit sur la figure, la tension ne dépasse pas 10 200 v, c'est la valeur à laquelle est réglé le petit éclateur qui joue le rôle de limiteur de tension.

Si le flux dans la bobine restait constant à toutes les vitesses, la tension efficace à circuit ouvert, en fonction de la vitesse, devrait être représentée par une droite ; la figure 6 montre qu'il n'en est pas tout à fait ainsi et la mesure faite sur une magnéto Bosch, d'un type récent, donne à 4 000 t : min un écart de 23 pour 100 avec la proportionnalité. La courbe pleine 2, figure 6, qui se rapporte à la magnéto A 8 S, est plus droite que la courbe pointillée 2 qui est celle d'une magnéto Bosch type H L B. La variation

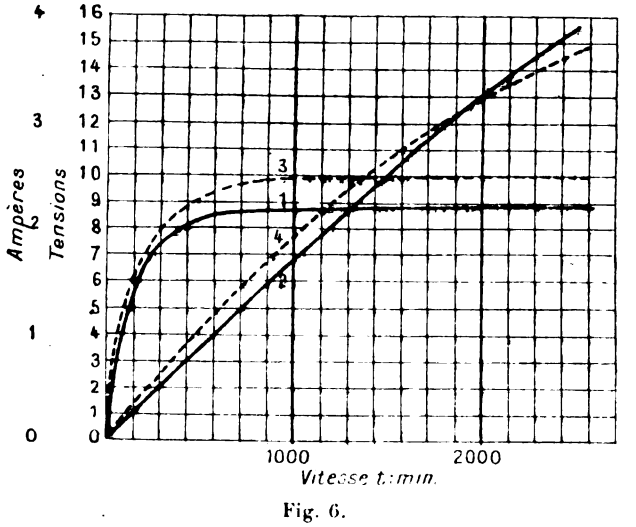


Fig. 6.

du flux avec la vitesse est causée vraisemblablement par les courants de Foucault, comme on l'a déjà vu plus haut.

L'auteur indique l'emploi d'une valve cathodique, genre

Digitized by Google

« Kenotron » pour la mesure du flux maximum dans la magnéto. En mettant la valve en série avec une grande résistance et un milliampèremètre à courant continu, celui-ci mesure seulement une demi-onde et donne la valeur moyenne de la tension qui est exactement proportionnelle au flux maximum.

Les courbes 1 et 3 de la figure 6 donnent l'intensité efficace en court-circuit, pour les différentes vitesses.

La British Thomson-Houston Co se sert de la mesure de la tension efficace à vitesse constante : 2000 t : min, pour avoir une idée de la qualité des aimants. Une première mesure est faite aussitôt après aimantation, puis la magnéto est court-circuitée et une seconde mesure est faite. La perte entre les deux mesures est en raison inverse de la force coercitive des aimants.

Les courbes de la figure 7 fournissent une donnée intéressante : le rendement aux diverses vitesses pour une magnéto du type A 8 S. La puissance nécessaire pour faire tourner la magnéto étant mesurée d'une part donne la courbe inférieure ; le produit de la courbe d'énergie par la vitesse donne la puissance disponible, courbe 2 et le rapport fournit le rendement, courbe 3. Comme on le voit, le rendement le plus favorable atteint à peine 19 pour 100, c'est donc une utilisation très médiocre de l'énergie.

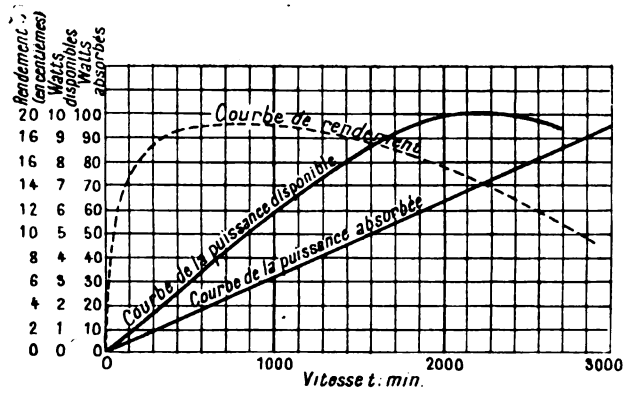


Fig. 7.

Comme nous l'avons déjà vu, le distributeur haute tension préconisé par l'auteur et employé par la British Thomson-Houston renferme un balai sans contact direct avec les plots ; l'intervalle le plus favorable entre le balai en acier et les plots semble être compris entre 0,25 et 0,35 mm ; il est bon de prévoir un réglage facile de cet intervalle.

Dans les magnétos A, dont il est question ici, l'entrefer de chaque côté de l'armature est environ 0,15 mm.

On aura une idée de la précision mécanique nécessaire en sachant que le trou de la came de rupture doit avoir un diamètre compris entre 12,995 et 13,006 mm, soit une tolérance de 0,01 mm.

L'auteur signale brièvement une magnéto à bobine fixe et à fer tournant dont il espère beaucoup (la forme de cette magnéto rappelle l' « Alterno » de la Société Nilmelior.)

Passant à l'installation et aux soins à prendre, l'auteur donne des indications d'ordre pratique pour les magnétos British Thomson-Houston et qui peuvent aussi être utiles dans d'autres cas. Il appelle d'abord l'attention sur la nécessité absolue de parfaitement centrer l'arbre de la magnéto avec l'arbre de commande : pour le type A 8 S, où la hauteur de l'axe au-dessus de la base est de 50 mm, une tolérance de 0,05 mm est tout ce qui est permis. Il est difficile de réaliser cette précision avec une base plate et la disposition avec surface convexe tournée concentriquement à l'arbre permet une exécution plus facile.

Très fréquemment, la magnéto est fixée sur son socle au moyen de ressorts d'acier qui enveloppent les aimants ; il est intéressant de signaler que ce procédé peut faire perdre 6 pour 100 du flux magnétique utile, soit 12 pour 100 de la puissance, aussi est-il préférable de faire usage de rubans en bronze phosphoreux.

L'écartement maximum des contacts du rupteur doit être de 0,3 mm environ dans la magnéto A 8 S qui est à volet tournant, tandis qu'elle atteint généralement 0,37 mm pour les magnétos à armature tournante. Il est indispensable de prendre des précautions pour empêcher l'huile d'entrer dans le rupteur et il faut bien se dire que l'excès de graissage est toujours un défaut dans ce genre de machines.

Parmi les essais que l'on fait subir aux magnétos type A, il faut signaler d'abord une marche prolongée avec décharges secondaires à 9 500 v, ensuite une marche de 20 heures à 2 500 t : min, à la température ambiante, les bornes du distributeur étant reliées à un éclateur réglé à 7 500 v.

Après cette épreuve, la magnéto est complètement démontée, toutes les parties visitées et nettoyées. Le remontage est effectué et, après réaimantation, un nouvel essai de 4 heures à 2 500 t : min, dans l'air à 38° C environ, et avec éclateur réglé à 7 500 v. A la fin de cette épreuve, la magnéto est mise à petite vitesse et doit donner encore l'étincelle convenable.

En terminant par des considérations connues sur l'allumage par bobines, l'auteur signale le renversement des rôles qui se manifeste en Amérique : les magnétos tendant de plus en plus à être abandonnées (sauf pour les « Ford ») pour revenir aux bobines, figure 8.

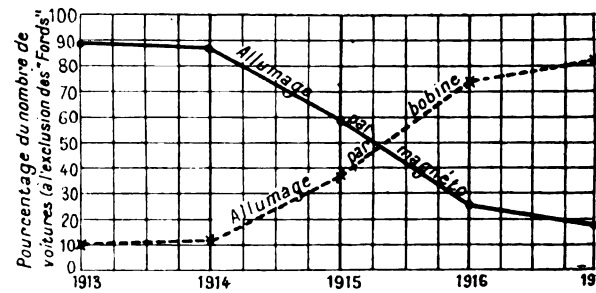


Fig. 8.

H. A.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

La formation de l'ingénieur électricien aux États-Unis *(Suite et fin)*

Opinion de M. H.-G. Stott (1).

Il y a sept ans, dit M. H.-G. Stott, j'ai été appelé à donner mon avis au président de « Columbia University » sur la formation des ingénieurs électriciens. J'étais alors président de l'« American Institute of Electrical Engineers ». J'exprimais ainsi mes desiderata et ma façon de comprendre la formation de nos futurs ingénieurs électriciens.

« La science de l'ingénieur électricien, c'est l'art de diriger et d'utiliser les grandes sommes de forces de la nature pour le plus grand bien de l'humanité.

— Alors, que doit connaître un ingénieur?

— Tout.

— Que doit-il apprendre à l'université?

— Tout.

— Que lui reste-t-il à apprendre quand il quitte l'école?

— Tout.

— De quoi devra-t-il s'occuper au cours de sa carrière?

— De tout.

Et maintenant ai-je dit au président de « Columbia University », organisez votre programme.

Quant à la spécialisation de l'élève dans telle ou telle branche de l'électricité, mon opinion est la suivante :

Si l'on pousse l'étudiant à opter pour telle partie, il négligera tout le reste. Or, aujourd'hui, on compte environ cinquante branches bien séparées et bien distinctes dans le domaine de l'application de l'électricité à l'industrie. Si l'étudiant en choisit une, il néglige les quarante neuf autres. Vous devinez alors, combien sera pauvre son instruction générale.

Et quelque paradoxale et antithésique que paraisse ma conclusion, je crois que le jeune ingénieur électricien doit se spécialiser absolument comme le musicien qui ne peut pas jouer de tous les instruments, mais le musicien, le bon instrumentiste, doit connaître toute la musique à fond, ainsi en est-il de l'étudiant ingénieur qui ne se spécialise qu'au sortir de l'université.

Opinion du Dr Hadley (2).

Nous ferons réellement du progrès quand toutes les affaires de la nation seront « managed » par le « sens commun ».

Au point de vue industriel, les affaires sont devenues très complexes, et c'est précisément cette complexité qui crée les fonctions de l'ingénieur. Celui-ci doit avoir une solide instruction scientifique, mais aussi, je dirai presque surtout, il doit connaître l'économie politique et le droit. Quand il aura reçu une telle éducation, il occupera *alors et seulement* dans le monde des affaires, la place distinguée et hautement appréciée qui lui appartient de droit.

Opinion de M. L.-B. Stillwell (1).

Dans l'éducation de l'élève ingénieur, ou plutôt de l'étudiant sortant, il faut faire une distinction entre la note de l'élève et sa valeur, comme plus tard, entre sa *réputation* et son *caractère*.

La note, la réputation sont l'extériorisation de l'individu, la valeur, le caractère sont l'individu lui-même.

Il y a une différence entre la valeur nominale et la valeur intrinsèque d'un jeune homme, quoiqu'il ne devrait pas y en avoir, la faute incombe à l'observateur.

Ceci est vrai, en général, mais plus les connaissances d'un homme reposent sur les sciences exactes, plus sa valeur intrinsèque est sensiblement la même que sa valeur nominale. Nous ne parlons, naturellement, qu'au point de vue strictement professionnel.

Les mathématiques font l'esprit droit, le raisonnement et le jugement sains, c'est pourquoi je déclare que l'étudiant n'en fera jamais trop. Les grands problèmes industriels, économiques ne seront résolus que par des hommes qui voient juste et non par des X.

L'enseignement des mathématiques est donc avant tout nécessaire à celui qui devra penser, c'est la lumière du cerveau. Les grands littérateurs, les maîtres de la pensée ancienne ou contemporaine ont été ou sont des mathématiciens, et leur style bref, net, concis, ne laisse aucun doute à ce sujet.

Par contre, l'enseignement exagéré des mathématiques prépare l'homme de laboratoire, et l'homme de laboratoire ne vit que partiellement sans ne pouvoir jamais espérer qu'il deviendra plus tard un être transcendant, car beaucoup des qualités et des fonctions intellectuelles qu'ont développées en lui la science

(1) Ancien président de l'American Institute of Electrical Engineers.

(2) Président de l'Université de Yale.

(1) Président de la Chambre des Ingénieurs électriciens conseils de New-York.

Digitized by Google

abstraite restent paralysées, ou du moins en dehors de toute activité productive.

Le Dr George Silvain, président de la Société des ingénieurs américains, disait au cours de la dernière réunion de cette assemblée :

« L'enseignement qui doit être donné aux futurs ingénieurs doit s'inspirer des facteurs suivants : tendances de l'élève, autrement dit sa vocation, grands problèmes industriels et leurs rapports avec le progrès économique, le tout reposant sur un canevas solide de mathématiques. »

Le grand tort des collèges et universités d'Amérique est de préparer la spécialisation, l'option de l'élève ingénieur pour telle ou telle branche de l'électricité appliquée à l'industrie. Partant de ce principe, ces écoles négligent tout ce qui n'est pas immédiatement en rapport avec le sujet de la thèse et nous arrivons inévitablement à former des ingénieurs sans « humanités ».

Mais le temps approche, du moins il faut l'espérer, où les universités américaines ne décerneront des diplômes d'ingénieurs qu'aux étudiants ayant fait pendant quatre ans leurs « humanités », plus deux ans d'instruction technique et pratique sur le sujet qu'ils auront choisi.

Je ne dis pas qu'il soit nécessaire qu'un futur ingénieur connaisse le grec, mais je dis qu'une université ne devrait pas délivrer le diplôme d'ingénieur électricien à un étudiant sortant qui n'aurait pas étudié et qui ne connaîtrait pas l'économie politique, le raisonnement, les dilemmes, les syllogismes, toutes les prémisses du bon sens et du sens commun qui forment l'homme au même titre que telle étude technique prépare l'élève à la spécialisation qu'il a choisie.

Quant au titre d'ingénieur électricien qui sera décerné après une telle éducation, au candidat ayant passé sa thèse avec succès, on peut dire que ce diplôme n'aura d'autre valeur que celle qu'aurait une borne de délimitation marquant une nouvelle période dans la vie du jeune homme. Il n'a plus qu'à apprendre son métier d'ingénieur, son éducation professionnelle ne commence guère que le jour où, diplômé, il quitte l'université.

Il faut même encore ajouter que, contrairement à ce que l'on a coutume d'accepter en matière d'enseignement professionnel et post-scolaire, l'élève ingénieur ne devrait pas se cantonner dans sa spécialisation, mais, au contraire, essayer d'acquérir une large pratique dans toutes les branches de l'industrie électrique; en plus, il devrait lire et étudier les ouvrages scientifiques qui paraissent tous les jours, de sorte que son activité intellectuelle serait toujours aux aguets, pour le plus grand bien de l'industrie et dans son propre intérêt intellectuel et matériel. En d'autres termes, la position d'ingénieur électricien est une étude professionnelle continuelle qui dure autant que la vie, et c'est pourquoi les programmes universitaires ne doivent être qu'un enseignement préparatoire à cette étude et porter surtout sur les sciences qui forment le caractère et l'esprit de l'homme.

M. Stillwell conclut :

La question de formation des ingénieurs électriciens n'est autre que celle de la crise de l'apprentissage.

Le choix d'une qualification que fait un jeune ingénieur électricien à sa sortie de l'université est toujours subordonné à l'influence de la rémunération offerte et à l'avancement probable beaucoup plus qu'aux goûts personnels du débutant.

Parmi toutes les branches de l'électricité dans lesquelles le jeune ingénieur peut se spécialiser, le laboratoire d'essais et de recherches est la plus ingrate, mais les étudiants qui ont de réelles dispositions pour les découvertes et les inventions auraient tort de chercher ailleurs une situation qui semble, à priori, plus rémunératrice.

La plus petite invention conduit rapidement à la fortune.

Opinion de M. A. Humphreys (1).

Le professeur A. Humphreys, que nous avons eu l'honneur de rencontrer en même temps que M. Stillwell, s'exprime en ces termes :

Je n'ai pas du tout l'intention de partager la façon de voir de M. Stillwell en matière d'enseignement pour nos futurs collègues ingénieurs électriciens, et notamment en ce qui concerne sa proposition, son désir, de voir créer dans toutes les universités un cours de six années. Je suis de son avis, en ce sens seulement, que nous ne devons pas confiner l'éducation de nos jeunes gens dans des études purement théoriques et techniques. Je suis le premier avocat des cours très larges, très libéraux. Mais de là à dire que l'Université des Sciences doive être une agence d'éducation et « d'humanité » il y a loin. S'il en était ainsi, réellement, nous aurions de bien pauvres ingénieurs électriciens. L'éducation générale doit être acquise à l'école primaire ou supérieure, et je reste convaincu que la valeur d'un ingénieur ne dépend que de ses connaissances scientifiques, théoriques et pratiques. D'un autre côté, M. Stillwell demande la création d'un cours avancé pour les étudiants, un cours de quatre ans, de deux ans, de six ans, que sais-je?... En voilà des années!... Mais je suis bien de l'avis de M. Stillwell, l'ingénieur électricien doit se tenir au courant de tout le progrès, des vastes champs d'activité qui s'ouvrent à son jeune esprit un peu vagabond peut-être, et c'est pour suivre ce mouvement, ces inventions que M. Stillwell veut un cours supplémentaire de deux ans. Pourquoi pas quatre, huit, pourquoi ne pas garder l'étudiant au collège jusqu'à 70 ans?... Mais ce mouvement que le professeur veut faire suivre aux étudiants existera encore après six ans de cours; rien, logiquement, ne justifie la cessation des études à cette époque-là. Mon opinion, basée sur mon expérience de professeur et de directeur du collège Stevens, est que, plus tôt l'élève quittera l'université, avec de bons principes fondamentaux, plus tôt il sera à l'usine, la main à la pâte, et il commencera alors sa réelle éducation professionnelle, la seule qui compte et qui lui sera utile.

(1) Président du collège Stevens.

Digitized by Google

D'autre part, encore, en Amérique, nos écoles primaires supérieures et préparatoires commettent une grande faute, il serait temps de réformer cela. Elles nous envoient des élèves de 18 ans qui ont étudié une quantité de choses, ils ont le cerveau farci de tant de spécialités qu'on peut dire qu'ils ne savent rien du tout, alors, naturellement, il faudrait que nous fissions leur éducation, est-ce notre rôle? Pouvons-nous prendre une telle responsabilité? Je ne pense pas, et je m'y opposerai au nom de l'expérience que j'ai acquise en la matière, depuis plus de trente ans.

Opinion de M. George F. Twain (1).

Tout le monde reconnaît que nous vivons aujourd'hui dans l'âge des sciences appliquées, comme il y a eu l'âge de pierre, l'âge de fer et l'âge de bronze.

L'âge des sciences appliquées, ces mots mêmes indiquent quel doit être l'enseignement qu'il faut donner aux futurs ingénieurs électriciens :

1° La science qu'ils doivent connaître le mieux possible ;

2° Le développement intense de leurs facultés d'initiative, de jugement, pour leur permettre de faire l'application rationnelle de la science qu'ils ont acquise.

La science, nous la connaissons, les programmes des écoles sont assez complets sur ce point. Mais où le problème devient, sinon insoluble, du moins délicat, c'est quand il s'agit de développer les facultés personnelles de l'élève, au profit de ses qualités professionnelles futures.

Quelques-unes de ces prédispositions sont innées, d'autres peuvent prendre naissance et développement dans un entraînement bien compris par les professeurs expérimentés. Ceci est un sujet sur lequel personne ne peut parler d'une façon précise, dogmatique et positive; il n'y a pas de cas généraux, il n'y a que des cas particuliers.

Au point de vue de l'enseignement que nos universités donnent aux élèves ingénieurs électriciens, je dirai simplement que j'ai peur que cet enseignement soit trop exclusif, trop spécialisé dans un champ d'action trop étroit. On n'habitue pas assez les étudiants à considérer les grands problèmes affectant la communauté en général. Je sais qu'il en est ainsi dans tous nos collèges, l'élève est mécanisé dans la routine de la spécialisation qu'il a choisie. On l'habitue à raisonner du point de vue positif, sans se soucier du côté exclusif, de la généralisation et de la discussion.

N'est-ce pas pourtant au sujet de ces vastes problèmes techniques et économiques que l'ingénieur électricien est appelé, chaque jour, à prendre une décision? Ne doit-il pas être habitué dès le collège, à distinguer la vérité de l'erreur? De plus en plus, l'ingénieur qui a de l'ambition abandonne la spécialisation qu'il avait choisie, pour se lancer dans les affaires. Je regrette de constater qu'il n'a reçu aucune préparation scolaire pour ce faire, et je fais des vœux pour que les écoles comprennent l'importance capitale de cet état de choses. J'ai remarqué aussi que tous les élèves qui sont sortis les premiers de nos écoles de sciences appliquées, ont tous abandonné leur spécialisation pour un emploi d'intéressé dans une usine, et je les approuve.

Je suis du même avis que M. Humphreys, l'étudiant doit commencer l'apprentissage de son métier d'ingénieur, quand il travaille dans une usine.

Au sujet des mathématiques, je dis : il faut que l'étudiant apprenne à résoudre les grandes questions par la logique, par le raisonnement, sans tout subordonner aux rigides mathématiques ; dans la vie, il y a tant de difficultés que devra surmonter l'ingénieur sans pouvoir faire appel aux mathématiques.

En résumé, je voudrais qu'à l'Université des Sciences on enseignât l'histoire, la littérature et la psychologie pour élargir le cerveau de nos futurs ingénieurs.

Opinion de M. E.-M. Herr (1).

Comment doit être formé à l'école et à l'atelier un ingénieur électricien?

Il est bien difficile de répondre à cette question dit M. E.-M. Herr, d'autant plus que je ne suis pas professeur et que je ne me sens aucune disposition pédagogique.

Pour vous être agréable (je ne saurais vous être utile), permettez-moi de me poser une autre question en réponse à la vôtre :

— Qu'est-ce qu'un ingénieur électricien?

— C'est un homme instruit et bien éduqué qui suit le progrès et les inventions qui en résultent, et qui sait constater les besoins que créent ces inventions mêmes.

L'ingénieur électricien ne doit pas se renfermer dans sa sphère, il doit produire dans tous les domaines qui sont tous à lui.

Tous les hommes vieux ou jeunes, ignorants ou instruits qui ont apporté leurs contributions intellectuelles ou manuelles à l'amélioration des produits et à leurs fabrications, augmentant le rendement, diminuant la main-d'œuvre en lui rendant la tâche plus facile, tous ceux qui ont bonifié l'état des choses existant précédemment ont été des ingénieurs. A nous il appartient d'améliorer.

Je me pose une deuxième question :

Qu'est-ce que la science de l'ingénieur?

C'était la science de fabriquer et de faire fonctionner des machines.

C'est encore la science, grâce à laquelle les propriétés mécaniques de la matière sont asservies à la volonté de l'homme ; c'est plus qu'une science : *c'est l'art grâce auquel l'homme est capable de conduire l'homme.*

Un ingénieur qui n'est ni psychologue, ni physionomiste n'est pas un ingénieur, il faut qu'il ait *en main* les hommes qu'il doit conduire.

L'élève ingénieur doit donc faire de longs séjours

(1) Président de l'American Society of Civil Engineers.

(1) Président de l'Electrical Company de Pittsburgh.

Digitized by Google

dans les usines qu'il dirigera plus tard, et doit apprendre à commander sévèrement et loyalement, sans rigidité et sans faiblesse.

Des ouvriers dépend le travail que fait l'ingénieur pour son compte personnel ou pour son usine, c'est pourquoi il doit avoir confiance en eux et eux en lui. Cette confiance réciproque ne s'impose pas, elle s'inspire.

D'autre part, l'ingénieur électricien, en particulier, n'est plus appelé aujourd'hui à rester enfermé dans son laboratoire de recherches ou dans son cabinet de travail, car les produits de nombreuses manufactures électriques sont tellement neufs, tellement inconnus du public, tellement les antagonistes de la routine avec laquelle il faut rompre, qu'il n'y a réellement qu'un ingénieur qui puisse faire connaître leur adaptation et leurs qualités au point de vue rendement et économie.

Voilà pourquoi l'ingénieur doit connaître le caractère humain, il doit savoir l'assouplir, car la place de l'ingénieur est de moins en moins au laboratoire.

Conclusion : autrefois l'ingénieur n'était nécessaire que pour les calculs, le dessin; demain, on le rencontrera dans toutes les branches commerciales de l'industrie. Donc, il faut que le programme des universités et écoles qui forment des ingénieurs électriciens soit le même, au point de vue « académie » que celui des universités (sections lettres et philosophie). Je veux bien admettre qu'il faille que l'élève-ingénieur choisisse une branche dans laquelle il se spécialise, mais j'ose avancer qu'il a toute sa vie pour étudier cette spécialisation. Par contre la grande responsabilité qu'il est appelé à avoir d'une part, et la diversité et la multiplicité des champs d'action qui s'offrent à lui d'autre part, interdisent absolument à cette spécialisation d'opposer un *veto* à toute étude qui, de prime abord, n'aurait aucun rapport immédiat avec la matière faisant l'objet de l'option.

Spécialisation à outrance, c'est-à-dire mal comprise, c'est la compromission pure et simple de l'avenir du jeune ingénieur.

Les ressources d'un ingénieur électricien sont directement proportionnelles à ses connaissances des machines et des hommes.

Et j'ajoute que l'ingénieur de demain sera beaucoup plus en relations avec les hommes qu'avec les machines.

Les mathématiques forment le jugement et l'esprit de raisonnement d'un étudiant; je ne voudrais pas que l'on en négligeât ou réduisît les programmes, et en outre, ne sont-elles pas les bases des principes fondamentaux de l'électricité.

Mais revenant à mon idée précédente, à savoir que le futur ingénieur électricien doit surtout s'entraîner à gouverner des hommes, à avoir affaire à eux, il faut se méfier de la tournure d'expression que donne à ses phrases ou à ses ordres un mathématicien. Cette tournure est — mathématique — c'est-à-dire sèche et sévère. Ceci ne vaut rien en affaires, et tout le monde sait que la forme suivant laquelle un ordre est donné à des ouvriers est un facteur très important quant à l'exécution loyale de cet ordre. Donc, la littérature, la lecture des classiques, la composition doivent figurer dans un programme d'une université de sciences comme des *éléments compteurs*.

Le futur ingénieur est appelé à observer les tendances des hommes, de la matière et des affaires, ces trois mots doivent résumer tout un enseignement.

Opinion de M. E.-W. Rice (1).

L'enseignement que l'on doit donner aux étudiants des universités, avant de les gratifier d'un diplôme d'ingénieur électricien, doit être théorique, technique et pratique, cela va de soi. Dans quelle proportion, relativement à l'horaire des cours, doit-on réserver une place à la pratique et à la théorie, je n'en sais rien, je voudrais ne pas me tromper en disant : le plus de pratique possible et autant de théorie.

Par contre, ce que j'affirme et ce que me permettent d'affirmer mes quarante années d'expérience en la matière, c'est qu'en électricité plus qu'en toute autre chose, il faut accoutumer l'élève à l'observation personnelle, c'est là le stimulant de l'initiative individuelle sans laquelle un homme n'est jamais qu'une machine-outil, esclave de la routine. Il faut habituer l'élève *à voir de ses yeux* les choses telles qu'elles sont et non pas telles qu'on les lui dit, ou telles qu'il croit qu'elles se présentent.

Tenez, je vais vous donner un exemple qui, pour être banal, n'est pas moins très suggestif.

Je prends une allumette, je la frotte sur la boîte et je dis à des élèves ingénieurs de vingt ans : qu'est-ce que je fais ?

Avec eux, vous répondrez : — vous allumez une allumette, n'est-ce pas ? vous voyez que votre esprit d'observation est faussé par le profane — par le sens populaire — par le manque de savoir. Non, je n'allume pas une allumette, je la frotte sur la boîte. Vous n'avez pas vu cela, parce que vous ne pouvez pas observer. Quand un ingénieur électricien fait un essai, une recherche, ce sont de petits détails semblables qu'il doit voir et qui peuvent le mettre sur la voie de la réalisation. Je vous le repète : voir les choses telles qu'elles sont, et *non telles qu'elles doivent forcément être*.

Un ingénieur électricien est un homme appelé à vivre constamment dans le domaine de l'inconnu, nous épelons à peine la science de l'électricité, nous devons agir comme si rien n'avait été fait ni découvert jusqu'ici.

Habituer l'étudiant à voir les faits et à déduire, telle est, à mon avis, la base de l'enseignement qui doit être donné à l'élève ingénieur électricien, et j'ajoute, aussi bien en théorie qu'en pratique.

Tous les ingénieurs électriciens doivent être « de Missouri ». (Cette expression américaine signifie : se rendre compte de visu, avant d'accepter un fait.)

« Une bonne observation vaut mieux que mille mots », c'est encore un proverbe américain que j'aime beaucoup dit M. Rice ; il est tellement vrai en matière d'électri-

(1) Président de la « General Electric Company ».

Digitized by Google

cité. C'est pourquoi, développer le talent d'observation chez l'élève, c'est tout. Eh bien, je crois que les programmes actuels de toutes nos universités ne sont pas en rapport avec les besoins de l'élève, ce sens de l'observation n'est pas assez développé chez lui, le professeur *affirme*, l'étudiant le suit et le comprend quelquefois, c'est l'école du *conservatisme* et du *radicalisme*.

M. Rice, répondant à une question que nous lui posâmes nous dit :

Le vieux type de vendeurs et agents commerciaux a vécu, il nous faut des ingénieurs commerciaux, aussi ingénieurs que s'ils étaient chargés de toute la machinerie de l'usine qui les emploie.

J'aimerais voir la fondation d'une école pour former des ingénieurs commerciaux, ils en sortiraient diplômés vers trente ans, et devraient être ingénieurs électriciens, métallurgiques, des mines et agronomes, car tous les domaines de l'activité commerciale et industrielle sont ouverts à l'électricité.

Opinions de MM. Karapetoff, Flowers Creighton, professeurs.

Nous donnons ci-dessous un passage d'une discussion pédagogique, au sujet de l'enseignement technique, qui eut lieu le 20 juillet 1917 dans la salle des conférences de la Société des Ingénieurs électriciens des Etats-Unis.

M. Karapetoff, professeur à l'Université de Cornell. Il faut qu'un programme d'études pour l'élève ingénieur électricien contienne plus de pratique que de théorie ; je n'ai jamais recherché dans quelles proportions ces deux facteurs doivent se partager l'horaire des cours, mais ce qui me paraît le plus important c'est la thèse universitaire.

A tout instant les élèves vous disent : Qu'est-ce que je pourrais bien faire comme thèse ? Indiquez-moi donc un sujet ?

Laisser libre l'élève de choisir le sujet de sa thèse me paraît contraire au but de l'examen et à l'utilité que pourrait avoir une thèse bien préparée. En Allemagne et en Angleterre, l'étudiant reçoit le sujet de sa thèse, il doit s'y conformer, ou plutôt non, il reçoit une liste de sujets à traiter et il en choisit un. Cette liste n'est pas fournie par les gouvernements, par les universités, mais par des sociétés ou associations d'ingénieurs électriciens, en relations d'affaires immédiates avec les grandes Compagnies qui elles-mêmes leur soumettent des sujets de thèses, de recherches.

Je souhaite, dit M. Karapetoff :

1° Que l'Association des Ingénieurs électriciens d'une nation publie à la fin de chaque année scolaire les sujets de thèses qu'il serait utile d'étudier;

2° Que les grandes Compagnies d'électricité se tiennent constamment en relations avec l'Association des Ingénieurs électriciens et qu'elles donnent à celle-ci leur avis motivé sur tel ou tel sujet concernant les inventions et les recherches.

M. le professeur Whitebread répondit au professeur Karapetoff :

C'est la vérité que dit M. Karapetoff, au sujet de la supériorité qu'ont l'Angleterre et l'Allemagne sur nous, quant aux innombrables et utiles inventions que peuvent faire des étudiants préparant leur thèse. Je n'aurais pas voulu affirmer que le fait fût aussi catégorique que M. Karapetoff l'affirme, mais je ne vois aucun inconvénient à le croire et à l'accréditer.

J'ajouterai cependant qu'il ne faut pas croire que plus un collège, une université sont bien équipés au point de vue laboratoire de recherches, plus les découvertes sont nombreuses. Non, l'invention dépend des cerveaux et non des outils.

Je demanderais aussi que les sociétés qui sont intéressées dans telles ou telles inventions ou découvertes donnassent une récompense à l'inventeur. Le bulletin de l'Association des Ingénieurs électriciens pourrait publier la liste des inventions et des prix attribués chaque mois. Ces bulletins seraient distribués dans les universités.

Professeur E. Flowers. — Je ne vois aucune opposition à ce que l'on communique aux étudiants une liste des sujets de thèses, mais il faut leur laisser le libre choix, et si aucun de ces sujets ne leur convient, ils doivent pouvoir en choisir un autre selon leurs prédispositions et leurs goûts. Il ne faut pas tuer le meilleur de l'étudiant : *l'originalité dans l'idée.*

Professeur E.-F. Creighton. — Il est évident que le talent inventif de l'étudiant doit être stimulé, encouragé, récompensé et dirigé, et j'ajouterai même, limité. Il ne faut pas connaître du tout le jeune étudiant en électricité pour ne pas savoir *qu'il veut être inventeur avant d'être élève.* Dans une leçon au laboratoire d'essais, je disais un jour à un élève : Faites-moi une invention. Trois étudiants en firent chacun deux en dix minutes : en Allemagne, en Angleterre, on lance dans les inventions les jeunes ingénieurs, on les stimule par des prix, c'est un défaut d'enseignement. En France, on apprend aux étudiants à vénérer les autorités de la science. Posez une question à un ingénieur français, il s'enferme immédiatement dans la bibliothèque de technicologie. En Amérique, on dit « try it » — essayez ceci — et l'étudiant s'enferme dans l'atelier. Je crois que nous avons raison aux Etats-Unis.

Etienne Flagey.

Digitized by Google

Congrès général du Génie civil (*Suite*)

TRAVAUX DE LA SECTION II (*fin*).

Les Chemins de fer après la guerre (1).

Le rapport de M. Toulon, bien que ne concernant pas l'électricité, présente un tel intérêt au point de vue national que nous l'analyserons d'une façon assez développée.

Organisation et progrès nécessaires. — Les questions générales que soulève le problème de l'effort à faire pour assurer aux chemins de fer français le développement nécessaire pour permettre l'extension de l'industrie et du commerce de la France sont les suivantes :

L'examen des difficultés spéciales qui résultent de la période de guerre;

L'indication sommaire des principaux perfectionnements et des améliorations les plus immédiatement nécessaires;

Le résumé des causes fondamentales qui paralysent les efforts et entravent les progrès; enfin l'étude des méthodes et le plan sommaire de l'organisation des grands réseaux de chemins de fer français en vue de remédier aux défauts de la situation actuelle.

M. Toulon examine successivement ces différentes questions.

Difficultés spéciales résultant de la période de guerre. — La guerre actuelle a causé une élévation générale des prix de toutes les matières premières et de tous les produits fabriqués, ainsi qu'une augmentation des salaires du personnel en raison de la cherté de la vie. Il en est résulté une augmentation considérable des frais d'exploitation sans que les recettes du trafic puissent compenser cet accroissement. C'est pour remédier à cette situation anormale que la loi du 31 mars 1918 a autorisé les Compagnies de chemins de fer à relever de 25 pour 100 leurs tarifs jusqu'au 31 décembre de la sixième année qui suivra celle où la fin des hostilités aura été officiellement constatée. Au moment où M. Toulon a rédigé son rapport, cette loi n'était pas encore votée; aussi il y discute les raisons qui militent en faveur du relèvement des tarifs.

Améliorations générales et progrès a réaliser. — La réparation des dommages causés par la guerre ne ferait que remettre les réseaux ferrés dans l'état où ils étaient en 1914; mais cela n'est pas suffisant, il faut que les chemins de fer se développent parallèlement à l'industrie et au commerce, et même devancent leur développement pour le provoquer.

M. Toulon estime que les lignes d'intérêt général constituent, en France, un réseau assez serré et qu'il n'y aurait lieu de les compléter que par quelques lignes supplémentaires; mais il importe surtout d'améliorer leur outillage.

Il faudrait, par exemple, augmenter le nombre de voies sur les lignes les plus fréquentées, perfectionner ou créer des raccordements avec les ports maritimes ou fluviaux, étendre les gares de triage, améliorer les gares de marchandises petite et grande vitesse ainsi que les gares de voyageurs.

Pour le matériel roulant, il conviendrait d'adopter le frein continu sur les trains de marchandises, ce qui aurait pour conséquence immédiate de permettre une augmentation de la charge et de la vitesse des trains, ce qui entraînera une augmentation de trafic, de réduire les dépenses dues au grand nombre de gardes-frein accompagnant actuellement les trains de marchandises, et, enfin, d'augmenter la sécurité.

La traction électrique pourra également rendre de grands services et permettra une augmentation de trafic sur certaines lignes congestionnées.

Ces améliorations ne donneront certainement pas des résultats économiques immédiats; il est, en effet, général qu'une ligne de chemin de fer présente, au moment de son établissement, une capacité de transport de beaucoup supérieure aux besoins de la circulation et, dès que le développement du trafic fait prévoir que la limite de cette capacité va être atteinte, on doit augmenter immédiatement l'outillage de la ligne en doublant les voies, en augmentant la longueur des trains et des voies de garage, en accroissant les gares, afin que les travaux soient terminés avant que la limite soit atteinte.

M. Toulon estime qu'il conviendrait également de bien concilier l'intérêt des administrations des Compagnies de chemins de fer avec celui de leurs fournisseurs, ce qui aurait une influence heureuse sur l'industrie nationale, vu l'importance des commandes passées par les chemins de fer. Il montre également qu'il faudrait équilibrer les salaires des employés de chemins de fer avec ceux des métiers analogues dans les mêmes régions.

Obstacles principaux a la réalisation des progrès nécessaires. — Les dépenses à faire pour améliorer les réseaux ferrés seront considérables et il sera nécessaire de les effectuer successivement avant que l'accroissement des recettes nettes suivant le régime des conventions de 1883 soit suffisant pour les payer. Avant la guerre, les recettes nettes des six grands réseaux équilibraient à peu près les charges; il est donc à craindre que, si le régime actuel est conservé, les administrations seront impuissantes à réaliser les progrès indispensables.

(1) Rapport de M. Toulon.

Digitized by Google

De plus, les Compagnies n'ont devant elles qu'une quarantaine d'années environ avant l'expiration de leur concession, et cette durée est trop faible pour permettre d'entreprendre des travaux aussi considérables que ceux qui sont nécessaires.

Le rachat des réseaux par l'État serait-il un remède à toutes ces difficultés ? C'est un problème qui soulève de nombreuses controverses et que le rapporteur ne discute pas ; il dit seulement que, quelle que soit l'administration des réseaux de chemins de fer, ceux-ci doivent être organisés en vue de réaliser les programmes d'amélioration qu'impose le progrès.

ORGANISATION DES RÉSEAUX ET DES ADMINISTRATIONS EXPLOITANTES EN VUE DE L'INTÉRÊT GÉNÉRAL ET DES PROGRÈS CONTINUS A RÉALISER. — Le problème à réaliser consiste surtout à chercher à donner aux administrations de chemins de fer les moyens nécessaires pour préparer et assurer la réalisation des programmes d'avenir.

M. Toulon remarque tout d'abord que les réseaux ne sont pas groupés d'une façon très satisfaisante. La Compagnie d'Orléans, par exemple, a des lignes qui s'étendent en Bretagne au milieu du réseau de l'État. D'autre part, les étendues de certains réseaux sont trop réduites : l'Est a une étendue de 4962 km ; le Nord, 3829 km ; le Midi, 4056 km, tandis que l'Orléans a 7787 km, le P.-L.-M., 9665 km et l'État 6907 km.

En outre, certaines lignes classées comme lignes d'intérêt général sont de véritables lignes d'intérêt local et réciproquement. Il y aurait donc lieu de procéder à une réorganisation territoriale en vue d'une meilleure utilisation des réseaux.

Le rapporteur examine ensuite les obligations financières des Compagnies de chemins de fer, et comme conclusion de son étude il aboutit à la nécessité d'une réorganisation financière sur de nouvelles bases, avec prolongation de la durée des concessions et ajournement de l'amortissement des travaux d'établissement.

M. Toulon fait voir également que, les chemins de fer étant les principaux clients de l'industrie nationale, les administrations des chemins de fer multiplient leurs efforts en vue de l'uniformisation des éléments principaux des locomotives et des wagons. Ce but serait atteint par la création de bureaux d'études communs. En même temps, pour la préparation des projets et l'exécution des travaux, il conviendrait de faire appel à tous les concours utiles.

Enfin, le rapporteur propose que le contrôle de l'État sur les chemins de fer soit élargi afin de défendre plus complètement l'intérêt général et mieux orienter les chemins de fer vers le développement économique du pays, et que des représentants des chambres de commerce participent à ce contrôle.

VŒUX. — Comme conclusion à son étude, M. Toulon propose au Congrès d'émettre les vœux suivants :

1° Qu'une entente intervienne entre l'État et les Compagnies de chemins de fer afin de les indemniser des pertes qu'elles ont subies et des réparations qui sont nécessitées par suite de la guerre considérée comme cas de force majeure non prévu par les conventions ;

2° Que les réseaux des chemins de fer d'intérêt général soient remaniés dans leur consistance territoriale et regroupés après une revision détaillée, afin de réunir sous la conduite de chaque administration exploitante un ensemble plus cohérent et mieux adapté au service des intérêts généraux ;

3° Que la durée des concessions aux Compagnies exploitantes soit prolongée et que leur situation financière soit réorganisée en vue de leur permettre de réaliser les ressources nécessaires à l'amélioration et au progrès des réseaux, et de concilier le mieux possible les intérêts particuliers de leurs actionnaires avec le développement nécessaire de l'industrie et du commerce ;

4° Que les administrations exploitantes mettent en commun leurs études et leurs essais, qu'elles fassent appel à tous les concours utiles pour l'étude des projets et l'exécution des travaux ; qu'elles s'efforcent d'uniformiser le plus grand nombre possible d'éléments ou même de types de matériel, de régulariser leurs commandes et de les échelonner afin d'en faciliter l'exécution en France à des prix plus réduits et de donner, en même temps, une aide efficace à l'industrie nationale ;

5° Que le contrôle des administrations exploitant les réseaux de chemins de fer soit élargi et comprenne, en même temps que les fonctionnaires de l'État, des personnalités désignées par les chambres de commerce pour représenter les intérêts industriels et donner une impulsion efficace aux administrations de chemins de fer pour le bien général du pays.

TRAVAUX DE LA SECTION I

Vingt-cinq rapports furent présentés à la section I (Travaux publics et Constructions civiles) ; parmi ces vingt-cinq rapports nous n'en analyserons que douze qui intéressent soit directement ou indirectement l'industrie électrique ou qui touchent à la vie économique générale du pays. Nous ne ferons que signaler les treize autres rapports, qui sont relatifs à des industries particulières ; voici la liste de ces derniers rapports.

Enquêtes pour établir d'une façon générale la situation des diverses entreprises du bâtiment avant la guerre, tant en France que chez nos Alliés et ennemis : leurs rapports avec elles. Moyens proposés pour l'expansion des industries déjà existantes et pour la création d'industries nouvelles, par M. BORDEREL.

Les abattoirs-usines, par M. L. DABAT.

L'organisation des travaux publics aux colonies, par M. LE BREC.

Le tunnel sous le détroit de Gibraltar, par M. BRESSLER.

Projet d'union nationale des intérêts du bâtiment, par M. Emile BERTRAND.

Espaces libres. Cités. Jardins. Leur importance dans la reconstitution des pays dévastés, par M. LEGROS.

Enquête sur le logement du travailleur rural, par M. Georges RISLER.

Digitized by Google

L'aménagement des agglomérations rurales, par M. S.-M. Auburtin.

Intérêts de l'industrie du bâtiment au regard des régimes juridique et fiscal de la propriété immobilière, par M. Ozouf.

L'urbanisme, par M. Jaussely.

L'exposé de quelques moyens d'améliorer les rapports du capital et du travail dans les industries du bâtiment, par M. Jacques Hermant.

L'utilisation des bois coloniaux en France et l'efficacité de leur concours dans les besoins d'après-guerre, par M. Gillet.

Les conditions de l'intensification de la production forestière coloniale et du développement du commerce des bois coloniaux, par M. Fernand Rouget.

Les mesures à prendre pour la reconstitution des régions dévastées par la guerre (1).

Le problème de la reconstitution des régions dévastées par la guerre est un de ceux qu'il faudra résoudre immédiatement après la cessation des hostilités, afin que ces régions reprennent le plus tôt possible leur vitalité d'avant la guerre.

Le rapporteur, après avoir examiné toutes les solutions à envisager pour arriver rapidement au résultat désiré, émet les résolutions suivantes qui résument son étude :

Résolutions. — 1° Résolution d'ordre général. — La tâche énorme que doit entraîner la reconstitution des pays dévastés devant nécessiter la mise en œuvre de tous les concours publics et privés, on doit tout d'abord, et d'une façon générale, souhaiter que ces concours soient organisés avec ordre et méthode, et que les participations séparées ou combinées de l'État et des particuliers soient définies, réglées et coordonnées en vue de leur meilleur rendement.

2° Résolutions relatives a la participation directe de l'État. — Que l'État, dans l'utilisation des services administratifs et techniques dont il dispose, dans les transformations et les créations qu'il devra faire pour répondre aux besoins nouveaux, considère toujours comme une règle absolue la nécessité de tenir compte des compétences.

En vertu de ce principe : que pour la remise en état des routes, des voies ferrées, des canaux, des ponts, pour le rétablissement des moyens de transport et la reconstitution du sol, il fasse appel au concours des ingénieurs, en tenant compte des spécialités ; que pour tout ce qui concerne les édifices et bâtiments de toutes natures et pour leurs réparations, restaurations, ainsi que pour les évaluations des dommages, il ait recours exclusivement aux professionnels du bâtiment, architectes, entrepreneurs, constructeurs, fabricants de matériaux et de produits afférents à la construction.

Qu'il crée des services bien appropriés en utilisant, d'une part, les éléments que peut lui assurer un choix judicieux parmi les mobilisés et les prisonniers de guerre, et, d'autre part, en faisant appel au concours des organismes actuellement constitués (bâtiments civils, grandes sociétés d'architecture, chambres syndicales des industries du bâtiment).

Que, dans ces formations, sa préoccupation constante soit de réserver la première place aux professionnels des régions dévastées.

3° Résolutions relatives au rôle que l'État doit remplir a l'égard des particuliers. — Que l'État évite avec soin de substituer son action à celle que peuvent et doivent exercer les particuliers pour assurer les restaurations, les réparations importantes et définitives, les reconstructions privées ; qu'au contraire, il s'efforce de provoquer, d'encourager et de développer l'initiative et les efforts des particuliers.

Qu'à cet effet, il constitue ou préside à la constitution d'un Office national composé de professionnels et de spécialistes qualifiés pour apprécier les besoins reconnus par des enquêtes minutieuses sur les lieux sinistrés et pour étudier les moyens propres à les satisfaire. Que cet Office centralise et tienne à la disposition de l'État et des intéressés tous renseignements et tous documents utiles, notamment sur l'importance et la nature des matériaux nécessaires, sur leur valeur et leur prix, sur les moyens d'assurer leur approvisionnement, leur transport et leur mise en œuvre. Qu'il donne tous conseils relatifs à la construction suivant les régions et fasse bénéficier les sinistrés de projets-types obtenus au moyen de concours ; que, d'autre part, l'État exerce un contrôle attentif sur les travaux des particuliers afin d'empêcher la production d'ouvrages défectueux susceptibles de nuire à l'intérêt général.

Qu'à cet effet soient organisés dans les départements dévastés des services d'architectes analogues à celui des architectes voyers de la ville de Paris, et ayant pour mission de contrôler l'emploi des indemnités, d'examiner les projets des particuliers, tant au point de vue artistique et pratique qu'au point de vue des règlements d'hygiène et de salubrité publique et d'assurer l'exécution des travaux conformément à ces règlements en appliquant toutes sanctions nécessaires et appropriées.

4° Résolutions relatives a la participation des particuliers. — Que le particularisme impuissant d'avant-guerre fasse place à l'union et à la solidarité.

Que des coopératives de sinistrés et de communes s'organisent.

Que des groupements correspondant aux besoins nombreux et divers unissent les compétences qualifiées pour les satisfaire. Notamment :

Groupements d'ingénieurs mettant en commun leurs études et coordonnant leurs efforts pour assurer toutes

(1) Rapport de M. Charles Letrosne.

Digitized by Google

les branches et spécialités ayant trait à la construction, le triomphe de la science et de l'industrie française.

Groupement d'architectes se plaçant sous l'égide du Code qui définit les devoirs de leur profession en affirmant son caractère libéral et non commercial, s'unissant pour représenter et défendre les intérêts généraux de l'architecture, pour faire respecter l'art régional, pour protéger les sinistrés contre la spéculation, pour maintenir dans l'industrie du bâtiment des règles de concorde, de capacité et de probité.

Groupements d'entrepreneurs, de constructeurs, de fabricants se solidarisant par corps d'état pour améliorer les conditions des approvisionnements et du travail, afin de résister victorieusement à la concurrence étrangère.

Associations d'entrepreneurs et de professionnels du bâtiment pour la réalisation d'opérations déterminées sous la direction d'architectes et d'ingénieurs.

Groupements de financiers étudiant toutes combinaisons utiles et mettant au service des coopératives et particuliers les capitaux nécessaires pour assurer le succès de la reconstitution des pays dévastés.

Les conclusions du rapport de M. Charles Letrosne ont été approuvées par la section X (Législation industrielle) qui y a adjoint un projet de décret pour la création d'un Office national pour la reconstitution des régions envahies.

La « Houille blanche » (1).

Jusqu'ici on n'a utilisé en France que 5 à 6 pour 100 des forces hydrauliques qui peuvent être facilement et économiquement aménagées. Et cependant il importe de ménager nos gisements de charbon et réserver celui-ci pour les usages métallurgiques; de même l'emploi de l'énergie hydro-électrique permettrait de remplacer par des moteurs électriques les moteurs à vapeur et ceux utilisant les hydrocarbures; ces derniers combustibles venant en grande partie de l'étranger, leur économie permettrait de diminuer considérablement nos exportations d'or.

Sans songer à substituer dans toute la France l'énergie hydro-électrique à celle fournie par la combustion de la houille, on pourrait, dans certaines régions particulièrement favorisées au point de vue des chutes d'eau, alimenter en énergie hydro-électrique les chemins de fer, l'éclairage des villes et toutes les industries qui demandent de la force motrice dans cette région et transporter le surplus dans les pays voisins. Le rapporteur dit également que les rivières de plaines pourraient être utilisées pour fournir au moins l'éclairage aux villes et villages qu'elles arrosent.

M. Verdin examine ensuite quels sont les besoins de l'industrie de la houille blanche.

Tout d'abord il lui faut un régime administratif et légal plus favorable à son éclosion que le régime actuel. Actuellement l'établissement des usines hydrauliques sur les cours d'eau est régi par la loi du 8 avril 1898 relative au régime des eaux.

Sous ce régime, les autorisations sont données par l'administration à titre précaire et révocable et sous justification par le pétitionnaire de l'acquisition des terrains nécessaires à l'établissement des ouvrages ou des droits de riveraineté relatifs à l'usage des eaux; il n'est fait exception à ces dispositions que pour les usines déclarées d'utilité publique.

La procédure de cette législation est laborieuse et l'obstination d'un seul propriétaire peut entraîner la non-réalisation d'entreprises d'un intérêt général. Il convient donc de la modifier; un projet de loi a été déposé sur le bureau de la Chambre des députés le 24 juillet 1917 (voir « R. G. E. », 10 novembre 1917, t. II, p. 751) qui rattacherait à un sous-secrétariat d'Etat à créer l'ensemble du service des forces hydrauliques qui pourraient être créées sur le territoire.

Rappelons les dispositions générales de ce projet de loi :

Les usines à réaliser et ayant pour but la distribution ou la création de l'énergie destinée aux services publics, de celles qui disposent de plus de 500 kw sont soumises au régime de la concession.

Les usines de moins de 500 kw ne se proposant pas la distribution à des services publics peuvent être simplement autorisées.

Les usines concédées peuvent obtenir un droit de servitude pour le passage des ouvrages ou la submersion des berges, sauf pour les parcelles attenant aux habitations.

Dans le cas où la servitude serait insuffisante, la déclaration d'utilité publique pourra être accordée et les indemnités accordées aux propriétaires seront établies conformément à la loi du 3 mai 1841. Dans le premier cas, les indemnités à allouer aux propriétaires touchés par l'entreprise seront fixées par les tribunaux civils.

Une taxe fixe, basée sur le nombre de kilowatts installés, représente un droit de statistique sur toutes les forces hydrauliques installées; une redevance proportionnelle au nombre de kilowatts produits représente la participation de l'Etat aux bénéfices de l'entreprise.

Le projet de loi affirme que la propriété des eaux est du domaine public quels que soient la nature et le classement des cours d'eau.

Enfin les autorisations ou concessions ne sont données que pour un temps limité, l'entreprise faisant retour sous certaines conditions et au bout d'un certain délai à l'autorité concédante. Les entreprises antérieures sont soumises au nouveau régime pour une durée de soixante-quinze ans, après quoi elles font retour à l'Etat qui demeure libre d'exploiter ou de concéder l'exploitation de ces entreprises.

Ce projet de loi semble devoir donner plus de sécurité et de certitude pour les nouvelles entreprises et a été accueilli avec faveur par l'industrie.

L'Administration a commencé à étudier la situation des bassins et leur programme d'aménagement, les ver-

(1) Rapport de M. Verdin.

Digitized by Google

sants des Alpes et des Pyrénées sont déjà étudiés, le Massif Central est commencé, il importe que les autres bassins et les rivières de plaines fassent également l'objet d'une étude méthodique.

Le rapporteur pense qu'il serait utile de constituer aussi des associations syndicales pour faire participer les divers intéressés aux charges des dépenses d'installation des bassins de régulation.

Il importe en outre d'obtenir l'aménagement méthodique du cours des rivières les plus favorables en vue d'assurer une meilleure utilisation des eaux et de permettre d'engager les travaux de régularisation du cours des eaux.

Les moyens législatifs et administratifs ne suffisent pas, il faut encore disposer des ressources financières nécessaires à l'exécution des travaux. Pour cela, il serait bon que toutes les énergies directrices se groupent autour du vaste programme de la houille blanche et que le concours financier de l'État ne soit pas marchandé à toutes celles des entreprises qui intéressent les collectivités.

Pour réaliser le programme d'aménagement méthodique de nos forces hydrauliques, il serait nécessaire que tous les constructeurs français se mettent en disposition de fournir la totalité des machines nécessaires et prévoient des types de machines pouvant être fournies en séries afin d'abaisser le prix de fourniture et réduire les délais de livraison.

Enfin il faudrait que les constructeurs électriciens ramènent les modèles de machines à un petit nombre de machines produisant du courant de même nature pour faciliter la mise en parallèle des réseaux.

Le rapporteur étudie ensuite l'utilisation de la houille blanche qui pourrait se substituer au charbon, pour l'éclairage, la traction, la force motrice, les industries métallurgiques et chimiques, et permettrait en particulier la fabrication économique de l'acide azotique synthétique.

Comme conclusions à l'étude de M. Verdin, le Congrès émet les vœux suivants :

Que les pouvoirs publics discutent et promulguent, dans un délai aussi court que possible, le projet de loi déposé sur le bureau de la Chambre des députés dans sa séance du 20 juillet 1917.

Que l'Administration continue et achève l'étude des ressources hydrauliques de la France.

Que les encouragements de l'État soient assurés à ces entreprises, tant par des subventions financières, quand il y aura lieu, que par un régime d'associations syndicales permettant aux industries de récupérer partiellement les sommes qu'elles auront investies dans les travaux de régulation et d'aménagement des cours d'eau.

Que la fabrication des machines hydrauliques et électriques en France soit développée, par l'initiative des particuliers et avec l'appui des pouvoirs publics.

Que les autorisations relatives à la création des réseaux électriques soient subordonnées à l'obligation, pour les concessionnaires, d'adopter des types de courant permettant le raccordement facile avec les réseaux voisins préexistants.

La question des cahiers des charges relatifs aux produits métallurgiques [1].

Les cahiers des charges exercent une influence considérable sur la marche et le développement des différentes industries : bien rédigés, et tenant compte des progrès de la science et de l'industrie, ils peuvent constituer pour cette dernière un instrument de perfectionnement des plus efficaces ; mal faits, ils peuvent entraver complètement le développement de certaines fabrications.

Dans son rapport, M. G. Charpy cherche à établir des prescriptions d'ensemble qui permettront d'obtenir une unification de forme d'abord, pour arriver graduellement à une unification plus complète et plus profonde, conduisant à une réelle simplification dans la marche et les relations de diverses industries.

M. Charpy expose ce qui a été fait en Amérique par « l'American Society for testing material » qui publie tous les deux ans un volume intitulé : « A. S. S. M. Standards » dans lequel sont réunis les : « Standards Specifications, Standard Teste, Standards Methodes, Standards Definitions, Recommanded Practice ». Chacune de ces notices est établie par une commission spéciale comprenant un nombre égal de représentants des producteurs et consommateurs. Ce travail fournit un précieux moyen d'unification de l'industrie métallurgique des États-Unis.

En Angleterre l'« Engineering Standards Committee » publie de temps en temps des « Standard specifications » qui rendent les mêmes services que les notices publiées par la Société américaine.

En France, rien d'analogue n'a encore été fait, cependant, les services de matériel et traction des Compagnies de chemins de fer ont établi des cahiers des charges unifiés des chemins de fer, les services de l'artillerie ont établi également des cahiers des charges sensiblement analogues, quoique classés dans un ordre différent.

M. G. Charpy compare ces deux espèces de cahiers des charges et donne ensuite la disposition suivante qui paraît la plus rationnelle pour l'établissement des cahiers des charges.

I. — Objet du cahier des charges et exposé général. — Désignation (et éventuellement classification) des produits et objets visés. — Observations générales.

II. — Fabrication. — Conditions imposées relativement aux matières premières, au mode de fusion, au forgeage, aux traitements thermiques, à l'usinage, etc. — Indications relatives au mode de contrôle qui permettra de s'assurer que les conditions imposées sont réalisées aux témoins qui pourront être prélevés, aux marques qui seront apposées et déplacées au cours de la fabrication, etc.

III. — Présentation des produits. — Indication du lieu et du moment où devra se faire la présentation. — Formation des lots, s'il y a lieu. — Formules adoptées pour la présentation. — Énumération précise des ren-

[1] Rapport de M. G. Charpy.

Digitized by Google

seignements à fournir et des documents à communiquer.

IV. — Vérification extérieure des produits. — Examen des surfaces, des dimensions, des poids. — Conditions qui doivent être réalisées. — Tolérances admises.

V. — Énumération des essais a effectuer avant réception. — Essais physiques, mécaniques. — Lieu et moment où seront effectués ces essais. — Prescriptions relatives aux méthodes d'essais.

VI. — Prélèvement des éprouvettes. — Lieu et mode de prélèvement. — Nombre d'essais obligatoires et facultatifs. — Traçage, marquage, découpage.

VII. — Résultats a obtenir dans les essais. — Chiffres moyens et individuels. — Calcul des moyennes — Interprétation des résultats. — Résultats à éliminer. — Contre-essais avec ou sans remaniement.

VIII. — Prononcé de la réception. — Réception provisoire. — Réception définitive. — Cas où un rebut partiel peut être prononcé après réception définitive. — Marques à apposer.

IX. — Livraison. Expédition. — Emballage, pesage, etc.

M. G. Charpy examine ensuite avec détails les différents paragraphes de ce canevas de cahiers des charges, détails sur lesquels nous ne pouvons malheureusement insister. Il termine en signalant l'importance que devraient prendre les laboratoires officiels d'essais dans toutes les contestations relatives aux réceptions et même dans les réceptions courantes. Le développement systématique d'organisme du genre du laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers contribuerait d'une façon particulièrement puissante et efficace à assurer l'unification des essais et, par suite, des définitions des produits industriels que tout le monde doit rechercher.

Comme conclusion à son étude, M. G. Charpy demande que le Congrès du Génie civil soumette le programme des travaux ci-dessous à la Commission que M. le ministre du Commerce vient de créer pour l'unification des cahiers des charges ;

1° L'unification des cahiers des charges relatifs aux mêmes produits doit être poursuivie le plus activement possible ;

2° La rédaction des différents cahiers des charges doit être faite en suivant un cadre uniforme destiné, en particulier, à faciliter les comparaisons;

3° Les classifications et notations doivent être toujours les mêmes ;

4° Les modes opératoires, les dimensions des éprouvettes d'essai, les prescriptions diverses relatives aux épreuves, tolérances admises, etc., seront concentrées dans un même document auquel renverront les différents cahiers des charges, de façon à assurer l'uniformité des déterminations ;

5° Les motifs qui conduisent à adopter certaines conditions dont l'importance n'apparaît pas d'une façon évidente, seront indiqués d'une façon explicite toutes les fois qu'il sera possible ;

6° Il sera fait un large appel au concours des laboratoires d'essai indépendants des producteurs comme des consommateurs, pour la vérification des prescriptions inscrites aux cahiers des charges, de façon à faciliter le développement de ces laboratoires, qui deviendraient ainsi des centres d'étude, de régularisation et de perfectionnement, pour tout ce qui concerne la pratique des réceptions, qui continueront d'ailleurs à être normalement effectuées dans les usines productrices de métal comme il est d'usage actuellement.

(*A suivre.*)

Assemblées générales

Société des Chemins de fer et Tramways du Var et du Gard.

Assemblée générale ordinaire du 21 mars 1918.

Les recettes en 1917 sont en plus-value de 345 109,41 fr sur l'année précédente. Cette augmentation a pour cause la reprise à peu près normale des services, mais elle se trouve en partie absorbée par l'accroissement des dépenses d'exploitation, quoique seuls les travaux d'entretien courant aient été entrepris.

Les produits de l'exercice sont de 803 287,32 fr; après prélèvement des différentes réserves, la Société décide de distribuer un dividende de 9 fr par action. Le solde à reporter à nouveau est de 36 573,86 fr.

Bilan au 30 décembre 1917.

Actif.

	fr
Voies, usines et divers	6 893 594,30
Terrains et bâtiments	854 214,78
Matériel roulant	2 010 418,76
A reporter	9 758 227,84
Report	9 758 227,84
Outillage, matériel, mobilier	468 648,11
Cautionnements	23 000 »
Approvisionnements	374 895,74
Portefeuille et banques	1 015 479,14
Débiteurs divers	35 176,39
Acompte sur dividende de 1917	240 000 »
	11 915 427,22

Passif.

	fr
Capital :	
40 000 actions	4 000 000 »
10 040 obligations 4 pour 100	4 060 130 »
Cautionnements	27 190,20
Créditeurs divers	238 747,24
Obligations à rembourser	77 293,45
Coupons à payer	277 575,12
Réserve légale	400 000 »
Provision pour accidents et renouvellement	998 534,02
Amortissement pour remboursement d'obligations	687 870 »
Bénéfices reportés des exercices antérieurs	32 953,83
Profits et pertes pour 1917	515 133,36
	11 915 427,22

Digitized by Google

Crédit commercial de France.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 22 MARS 1918.

L'assemblée générale annuelle des actionnaires du Crédit commercial de France s'est réunie le 22 mars, sous la présidence de M. Adolphe Salles, président du Conseil d'administration.

Elle a approuvé les comptes de l'exercice 1917 qui se soldent par un bénéfice net de 4312384 fr, supérieur de 802625 fr à celui de l'exercice précédent.

Le dividende a été fixé à 30 fr par action et sera mis en paiement le 15 avril. Les réserves et fonds de prévoyance ont reçu 1431238 fr et l'ensemble des réserves, avec les bénéfices reportés, s'élève ainsi à 15484975 fr.

Le total du bilan se chiffre par 527 millions contre 321 millions l'année précédente. Les dépôts de diverses natures dépassent 400 millions et ont presque doublé d'un exercice à l'autre.

L'assemblée a réélu MM. Henry Caulliez, Léopold Dubois et Benjamin Rossier, administrateurs sortants.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Espèces en caisse et dans les banques	53 892 040,74
Portefeuille-effets et bons de la Défense nationale	286 231 304,14
Coupons à encaisser	2 437 459,72
Portefeuille-effets	10 443 949,40
Rente française 4 pour 100 entièrement libérée.	1 210 079,15
Reports	5 211 756,55
Comptes courants	27 394 041,09
Comptes courants débiteurs avec garanties	91 338 752,12
Débiteurs par acceptations	5 490 910,69
Opérations de change à terme, garanties	28 357 495,95
Portefeuille-titres	2 488 463,21
Participations financières	1 313 867,68
Succursale de Lille et de Tourcoing au 8 octobre 1914	3 080 916,25
Parts de la Société immobilière Lafayette (propriétaire des immeubles occupés par la banque)	2 150 000 »
Immeubles	439 250 »
Mobilier et coffres-forts	200 000 »
Comptes d'ordre et divers	5 693 412,75
	527 363 699,44

Passif.

	fr
Capital	45 000 000 »
Réserves	13 925 027 »
Comptes courants à vue et correspondants	292 392 563,04
Comptes créanciers	122 467 502,89
Acceptations	5 490 910,69
Opérations de change à terme, garanties	28 357 495,95
Comptes d'ordre et provisions diverses	15 054 023,80
Profits et pertes :	
Report de l'exercice précédent	363 791,73
Bénéfices de l'année	4 312 384,34
	527 363 699,44

Société d'éclairage électrique de Bordeaux et du Midi.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 3 DÉCEMBRE 1917.

La clientèle de la Société a continué à se développer, l'élévation du prix du gaz à Bordeaux a contribué à ce développement.

Les prix de l'électricité étant restés les mêmes, mais ne répondant plus à la valeur marchande de l'énergie, la Société examine s'il n'y a pas lieu d'obtenir un dédommagement de la ville de Bordeaux.

L'exercice s'est soldé par un bénéfice net de 86837,82 fr, en y ajoutant le report précédent 13043,78 fr, le solde disponible est de 99881,60 fr sur lequel l'assemblée a décidé de distribuer un dividende de 5 pour 100, soit 12,50 fr par action, et de reporter à nouveau 11039,71 fr.

BILAN AU 30 JUIN 1917.

Actif.

	fr
Immeubles et terrains	714 217,38
Usine et canalisations	2 916 076,99
Branchements aériens	219 187,73
Installations chez les abonnés	1 »
Mobilier	1 »
Compteurs en location	294 876,40
Installations communes	1 000 000 »
Installations en location portant vente	172 034,70
Clientèles	1 »
Valeur de la concession	802 565,12
Apports Tricoche	1 »
Frais d'émission et prime de remboursement	1 »
Marchandises en magasin	60 243,98
Caisse	6 702,80
Banques	157 698,53
Débiteurs divers	279 259,62
Cautionnements. Impôts remboursables	4 295,34
Obligations restant à la souche	174 000 »
Portefeuille	227 407 »
	7 028 570,59

Passif.

		fr
Capital		1 500 000 »
Obligations émises	6 000 000 »	4 723 000 »
Obligations remboursées	1 277 000 »	
Réserve légale		110 480,49
Fonds de renouvellement du matériel		195 000 »
Fournisseurs et créditeurs divers		101 518,29
Dividende dû aux actionnaires, coupons d'actions :		
N° 9 à 12		925,32
N° 13		662,50
N° 14		2 834,08
Intérêts dus aux obligataires et obligations à rembourser		278 121,70
Caisse de retraites		3 089,60
Ville de Bordeaux		7 764,34
Règlement d'inventaire		5 292,77
Profits et pertes. Report de l'exercice 1915-1916		13 043,78
Bénéfice de l'exercice		86 837,82
		7 028 570,59

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Les coefficients applicables aux chiffres d'affaires pour l'établissement de l'impôt cédulaire sur les bénéfices industriels et commerciaux

Le « Journal officiel » du 18 mars a publié, p. 2463, le rapport présenté au nom de la commission chargée de déterminer les coefficients applicables aux chiffres d'affaires pour l'établissement de l'impôt sur les bénéfices industriels et commerciaux, par M. de la Lande de Calan, conseiller référendaire de la Cour des Comptes, rapporteur général. Nous ne reviendrons pas sur ce très intéressant rapport, notre collaborateur, M. Paul Bougault, l'ayant déjà commenté dans la « R.G.E. » du 6 avril 1918, t. III, p. 531. Nous allons simplement donner dans le tableau ci-dessous les coefficients relatifs à l'industrie électrique et aux industries qui s'y rattachent.

Avant la lecture du tableau quelques définitions sont nécessaires à connaître.

Chiffre d'affaires. — *a*) En général, et sous réserve des définitions ci-après ou des indications mentionnées pour certaines professions, le chiffre d'affaires s'entend du montant total des ventes effectivement et définitivement réalisées.

b) Pour tous les intermédiaires, mandataires, façonniers, loueurs de choses, entrepreneurs ou loueurs de services, pour tous ceux dont les bénéfices résultent de commissions, remises, courtage, salaires ou prix de location, le chiffre d'affaires est égal au montant total des énumérations acquises à ces divers titres.

c) Pour toutes les entreprises de banque, d'escompte et de change, pour tous ceux dont les bénéfices résultent d'opérations sur les monnaies, effets de commerce, sommes et valeurs, le chiffre d'affaires est égal au montant total des intérêts, escomptes, agios, commissions, courtage et profits sur réalisation de titres acquis à l'occasion de ces opérations.

d) Les opérations que comporte l'exercice d'une seule et même profession peuvent être multiples et de caractère différent. C'est ainsi qu'une même profession peut comporter à la fois des ventes de marchandises et des louages de services. Dans ce cas, on totalisera les recettes de différentes natures, déterminées conformément aux définitions ci-dessus (soit pour l'exemple cité le montant des ventes et la rémunération des services), et c'est à ce total qu'on appliquera le coefficient de la profession.

Marchand en gros : est réputé tel celui qui vend à d'autres marchands.

Marchand en détail : est réputé tel celui qui vend aux consommateurs.

Artisan : sous cette dénomination il faut entendre celui qui exerce à ses risques et périls une industrie manuelle, travaillant lui-même comme ouvrier, en général avec des matières lui appartenant et exceptionnellement à façon, et n'employant pas plus de cinq personnes (membres de famille, ouvriers adultes ou apprentis).

L'*artisan-façonnier* ne diffère du précédent qu'en ce qu'il se borne à fournir la main-d'œuvre, travaillant pour le compte des fabricants, des marchands ou des particuliers avec les matières que ceux-ci lui fournissent (voir pour les coefficients applicables à tous les artisans et artisans-façonniers, le renvoi se rapportant aux numéros 767 et 768).

Coefficients applicables aux contribuables exerçant des professions multiples. — L'exercice simultané de plusieurs professions comporte parfois une pénétration et un mélange d'opérations qui ont conduit la Commission à les réunir sous une dénomination unique à laquelle correspond un coefficient déterminé qui sera bien entendu applicable au chiffre d'affaires total. (C'est le cas pour le boulanger-pâtissier, le constructeur-mécanicien, l'exploitant de filature et de tissage.)

En dehors de ces cas spéciaux il conviendra :

a) Soit d'appliquer séparément les coefficients particuliers à chaque profession, lorsqu'il sera possible de distinguer dans le chiffre d'affaires la part afférente à chaque branche de commerce ou d'industrie ;

b) Soit, lorsque cette distinction ne sera pas possible, d'appliquer au chiffre d'affaires total un coefficient compris entre le minimum le moins élevé et le maximum le plus élevé de ceux qui auront été fixés pour les différentes branches d'opérations, en négligeant au besoin celles qui n'auraient manifestement qu'un caractère accessoire.

Digitized by Google

Tableau des coefficients relatifs à l'industrie électrique.

NUMÉROS D'ORDRE	DÉSIGNATION DES PROFESSIONS	COEFFICIENTS pour 100
	Groupe I. — Carrières et industries dérivées, verrerie, faïence, porcelaine, etc.	
8	Chaux (fabricant de)	3 à 8
9	Plâtre (fabricant de)	3 à 8
10	Chaux hydraulique (fabricant de)	5 à 15
11	Ciment naturel, ciment artificiel (fabricant de)	5 à 15
14	Briques (fabricant de)	3 à 8
17	Produits réfractaires (fabricant de)	3 à 12
	Briques réfractaires, cornues en terre réfractaire, creusets de pots de fusion, creusets en charbon, plombagine ou graphite, moufles, tuyaux en terre réfractaire, agglomérés magnésiens.	
20	Porcelaine (fabricant de)	3 à 12
21	Pâte à porcelaine (fabricant de)	3 à 8
22	Pâte à porcelaine (fabricant de) à façon	10 à 20
26	Verrerie (fabricant de)	5 à 15
	Bouteilles, gobeleterie, cristallerie, ampoules ou ballons pour lampes, baguettes de verre, flacons, instruments en verre.	
	Groupe III. — Industrie chimique. — Chauffage et éclairage	
126	Produits pour la cémentation et la fonderie des métaux (fabricant de)	3 à 12
134	Caoutchouc, gomme élastique (fabricant de)	5 à 20
	Raffinerie de caoutchouc de gomme, fabricant de caoutchouc en feuilles, de feuille anglaise, de fils de caoutchouc, fabricant de caoutchouc mélangé, caoutchouc vulcanisé, caoutchouc durci, ébonite, caoutchouc régénéré, dissolution de caoutchouc, caoutchouc factice, caoutchouc des huiles, fabricant de gutta, de gutta-percha, etc.	
148	Electrochimie (exploitant un établissement d') carbures et ferro-alliages (fabricant de).	5 à 25
	La préparation séparée des ferro-alliages rentre dans l'électrosidérurgie.	
161	Gaz d'éclairage (fabricant de)	5 à 20
177	Huiles industrielles (fabricant et marchand en gros de)	5 à 12
178	Pétrole (raffinerie de)	3 à 9
	Groupe IV. — Papier, carton, industries polygraphiques	
180	Papier, pâte de bois, carton et carte, enveloppes et sacs en papier, papier façonné, cartonnages et boites en carton pour emballages (fabricant de)	5 à 15
191	Clicheur stéréotypeur et galvanoplaste	10 à 20
203	Périodiques (éditeur de)	5 à 9
	Groupe VI. — Cuirs et peaux	
378	Courroies (fabricant de)	5 à 12
	Groupe VII. — Industrie du bois	
401	Poteaux télégraphiques, mâts et traverses de chemins de fer (fabricant de)	5 à 15
405	Bois cintrés, bois courbé (fabricant de)	10 à 18
406	Moulures en bois (fabricant de)	5 à 12
409	Coloration, injection, ignifugation des bois (exploitant un établissement pour la)	5 à 12
410	Bois injectés, ignifugés ou colorés (marchand de)	5 à 12
418	Modèles pour la mécanique (fabricant de), modeleur-mécanicien	5 à 12
	Modèles destinés à la fonte des pièces mécaniques, dents d'engrenage en bois.	
420	Poulies en bois (fabricant de)	10 à 25
	Groupe VIII. — Grosse sidérurgie	
478	* Minières et tourbières (exploitant de) (1)	5 à 12
479	Fonte de fer (fabricant de). — Hauts fourneaux (exploitant de)	5 à 9
	Fabricant de fonte d'affinage, fonte de moulage, ferro-manganèse et spiegel, fonderie de première fusion.	
480	Fers et aciers bruts (fabricant de)	(2)
	Fabrication de l'acier aux convertisseurs Bessemer et Thomas et par affinage sur sole au four Martin; fabrication des fers et aciers puddlés.	

(1) Le signe *, porté en regard de certaines professions, signifie que des indications particulières, en vue de l'application des coefficients fixés pour lesdites professions, se trouvent consignées dans la note annexée au présent tableau.

(2) Il n'a pas été prévu de coefficients pour ces fabrications qui sont toujours effectuées concurremment avec d'autres industries.

Digitized by Google

Tableau des coefficients relatifs à l'industrie électrique *(suite)*.

NUMÉROS D'ORDRE	DÉSIGNATION DES PROFESSIONS	COEFFICIENTS pour 100
	Groupe VIII. — GROSSE SIDÉRURGIE. *(Suite.)*	
481	**Fers et aciers laminés (fabricant de)** Blooms et billettes, fers marchands, profilés, poutrelles, rails, larges-plats, grosses tôles, etc.	
	a) Laminoirs avec hauts fourneaux et aciéries	5 à 12
482	*b*) Laminoirs avec aciéries ou fabriques de fers et aciers puddlés; laminoirs seuls avec fours à réchauffer	5 à 9
483	**Aciers au creuset et aciers spéciaux (fabricant d')** Aciers de cémentation, aciers fondus au creuset, aciers spéciaux pour outils, aciers au nickel, au chrome, au tungstène, au manganèse, silicium, etc.	8 à 15
484	**Electrosidérurgie (exploitant un établissement d')** L'électrosidérurgie comprend : 1° La fabrication au four électrique des aciers fins et spéciaux; 2° La fabrication au four électrique des ferro-alliages, comportant une forte proportion de métaux étrangers : chrome, silicium, tungstène, molybdène, tantale, etc., alliages qui sont employés comme matière première dans la fabrication des aciers spéciaux.	5 à 20
485	**Fer-blanc (fabricant de)** On doit comprendre sous cette rubrique aussi bien la fabrication des tôles minces, tôles étamées, fer noir, que celle du fer-blanc proprement dit.	5 à 12
486	**Grosse forge ordinaire (fabricant de pièces de)** Cette rubrique comprend toutes les fabrications réalisées par forgeage au marteau-pilon ou à la presse, par emboutissage et matriçage : pièces de machines (bielles, manivelles, tiges de piston, arbres, volants, roues, essieux, bandages, étambots, étraves, enclumes, crochets de traction, ressorts pour voitures et wagons, etc., ainsi que la fabrication des grosses chaines.	5 à 12
487	**Grosse forge pour matériel de guerre (fabricant de pièces de)**	10 à 20
488	**Fonderie de 2e fusion (exploitant de)** Cette rubrique vise : 1° Les fonderies de fonte (fonte de bâtiment, fonte de fumisterie, poterie, tuyaux de fonte, fonte d'art et d'ornement, etc.); 2° Les fonderies d'acier (fabrications d'acier coulé et moulé).	5 à 12
489	**Construction métallique (exploitant un établissement pour la)** Charpentes métalliques, planchers, toitures, halls, ponts métalliques et tous autres travaux de construction en fer.	5 à 12
491	**Fer en gros (marchand de)**	2 à 7
493	**Métaux autres que le fer (marchand de)**	3 à 9
495	**Boulonnerie (fabricant d'articles de)** Boulons taraudés ou décolletés, boulons tournés, écrous, rivets à chaud, crampons de rails, tire-fonds, etc.	8 à 15
496	* **Outils de fer ou d'acier et petit outillage (fabricant de)** Parmi les outils de fer et d'acier, on peut citer entre autres les marteaux, masses, massettes, clefs de serrage ordinaires, à molettes ou anglaises, vrilles, leviers, pinces, tenailles, tournevis, pinces à serrer, pinces coupantes, barres à mines, jauges, compas, équerres, alésoirs, etc., la désignation de petit outillage s'appliquant notamment aux filières à fileter, filières d'étirage, tarauds, mèches américaines, mèches à bois, forets, fraises, etc.	5 à 12
497	**Scies (fabricant de)**	10 à 20
502	**Limes (fabricant et retailleur de)**	5 à 12
503	**Chaines et câbles métalliques (fabricant de)** (A l'exception des chaines forgées.)	8 à 15
512	**Serrurerie (fabricant de)** Cette dénomination s'applique : *a*) Aux serruriers proprement dits qui fabriquent la serrurerie de bâtiment et la serrurerie d'art (escaliers en fer, serres, châssis, marquises, balcons, fermetures métalliques, persiennes, jalousies, rampes, etc.); *b*) Aux mécaniciens-serruriers qui exécutent, d'après des dessins qui leur sont fournis, des pièces en fer forgé qui entrent dans la composition des machines.	10 à 20
516	**Tôle (planeur ou perforateur de)** Perforateur, perceur, emboutisseur, planeur de tôle et fabricant de métal déployé.	10 à 20
517	**Tréfileur. — Etireur ordinaire** Tréfileur de fer et d'acier. — Etireur qui étire les profils ordinaires.	5 à 12
518	**Etireur de précision**	10 à 20

Digitized by Google

Tableau des coefficients relatifs à l'industrie électrique (*suite*).

NUMÉROS D'ORDRE	DÉSIGNATION DES PROFESSIONS	COEFFICIENTS pour 100
	Groupe IX. — MÉTAUX COMMUNS AUTRES QUE LE FER ET SES DÉRIVÉS.	
522	Laminage de cuivre et de laiton (exploitant de) Affinage, raffinage du cuivre, raffinage électrolytique du cuivre, élaboration des alliages du cuivre (laiton, etc.), fabrication de cuivre laminé.	3 à 6
524	Tubes en cuivre et en laiton (fabricant de)	5 à 12
525	Fonderie de minerai de plomb (entrepreneur de)	(1)
526	Fonderie de minerai de zinc (entrepreneur de)	(1)
527	Laminage de zinc (entrepreneur de)	3 à 8
529	Fonderie de nickel (entrepreneur de) Transformation du minerai en métal.	(1)
530	Fonderie de maillechort, de métal blanc, de nickel (entrepreneur de) Transformation du métal en ses différentes formes.	3 à 6
531	Laminage de maillechort (entrepreneur de)	3 à 8
532	Fonderie de minerai d'aluminium (entrepreneur de)	(1)
533	Fonderie d'aluminium (entrepreneur de) Transformation du métal en ses différentes formes.	5 à 9
535	Fonderie de minerai d'étain (entrepreneur de)	5 à 9
536	Fer galvanisé (fabricant de)	8 à 15
537	Soudures au cuivre (fabricant de)	3 à 8
538	Soudure autogène, soudure électrique (entrepreneur de)	5 à 12
547	Fondeur de cuivre, de laiton, de bronze Bronze phosphoreux, fondeur d'objets en cuivre, bronze, fondeur en cuivre, cuivre rouge, cuivre jaune, laiton, bronze.	5 à 15
548	Alliages, alliages métalliques, joints métalliques ou métalloplastiques (fabricant d') Alliages et métaux antifriction.	3 à 8
551	Robinets (fabricant de) Robinetterie, cannelles en cuivre, en étain.	5 à 12
552	Appareils pour l'éclairage au gaz ou à l'électricité (fabricant d') Lampes, lustres, appliques à gaz, becs de gaz, becs à incandescence.	5 à 12
553	Appareils pour le gaz et l'électricité (marchand d')	8 à 15
557	Découpage, estampage à froid de métaux (entrepreneur de) Fabrication de calibres, gabarits, patrons, étiquettes en métal; estampage, emboutissage de cuivre, laiton, etc.	8 à 15
	Groupe X. — CONSTRUCTION MÉCANIQUE. CARROSSERIE.	
592	Navires et bateaux en fer (constructeur de)	5 à 9
593	Voitures automobiles et motocycles (fabricant de) On comprend également sous cette rubrique le fabricant de pièces détachées et d'accessoires pour automobiles.	8 à 15
601	Navigation aérienne (fabricant d'appareils pour la)	15 à 30
602	Grosse chaudronnerie en fer ou en cuivre (fabricant de) Construction de réservoirs en tôle, chaudières, générateurs à vapeur, gazogènes, de tonneaux en fer, etc.; fabrication d'appareils pour la distillerie, alambics en métal, appareils mycodermiques, réfrigérants en métal, bacs refroidisseurs, appareils conservateurs pour viandes, appareils à stériliser les liquides, etc.	5 à 12
603	Détartrage, nettoyage, piquage de chaudières (entrepreneur de)	5 à 12
604	*Mécanique générale (exploitant un atelier de), ou constructeur mécanicien La mécanique générale englobe l'ajustage, le tournage sur métaux, la mécanique de précision, le montage de métiers, la fabrication de pièces détachées et d'accessoires pour la mécanique, pour l'industrie textile, d'articles en acier pour filature et tissage, la construction de matériel et outillage pour mines, carrières, de machines et outillage pour industries diverses, et autres fabrications qui ne s'exercent presque jamais isolément.	5 à 20
605	*Machines motrices à vapeur, moteurs à gaz et moteurs à explosion (constructeur de). Machines à vapeur fixes ou mi-fixes, locomobiles, machines marines, turbines ou turbomoteurs à vapeur, moteurs à explosion, à combustion, à gaz, à pétrole, essence, alcool, etc.	5 à 12
606	Locomotives (constructeur de)	5 à 15
607	Wagons et matériel de chemins de fer (constructeur de)	5 à 9
608	Voitures de tramways (constructeur de)	5 à 12

(1) Voir à la fin du tableau le renvoi concernant les « professions non dénommées ».

Digitized by Google

Tableau des coefficients relatifs à l'industrie électrique (*suite*).

NUMÉROS D'ORDRE	DÉSIGNATION DES PROFESSIONS	COEFFICIENTS pour 100
	Groupe X. — CONSTRUCTION MÉCANIQUE. CARROSSERIE. (*Suite.*)	
609	Machines-outils pour le travail des métaux, du bois ou de la pierre (constructeur de)..	5 à 25
610	Machines-outils pour le travail des métaux, du bois ou de la pierre (marchand de).....	5 à 20
622	Appareils de ventilation (constructeur d').....	8 à 15
623	Appareils de levage et de manutention (constructeur d').....	8 à 15
	Crics, vérins, palans, treuils, cabestans, grues, ponts roulants, ascenseurs, machines d'extraction pour mines, chemins élévateurs, chemins de fer aériens, etc.	
624	Pompes (constructeur de).....	5 à 12
626	Appareils et machines hydrauliques (constructeur d').....	5 à 12
	Les appareils et machines hydrauliques comprennent les appareils élévatoires, les moteurs hydrauliques, les compteurs d'eau, etc.	
630	Instruments de pesage (fabricant d').....	10 à 25
631	Appareils automatiques (fabricant d').....	10 à 20
632	Décolletage de métaux (exploitant un atelier de).....	10 à 20
	Décolleteur, tourneur-décolleteur.	
634	Câbles, fils et matériel de canalisations électriques (fabricant de).....	5 à 9
635	Appareils et machines électriques (fabricant d').....	5 à 25
	Aimants, bobines, compteurs électriques, appareils de chauffage et de cuisine, appareillage électrique comprenant tous petits appareils nécessaires pour l'emploi de l'électricité, tels que boutons, contacts, interrupteurs, coupe-circuits, etc., appareils électromédicaux et autres ; matériel pour la production, la transmission, la distribution de l'électricité, des appareils pour phares, projecteurs, etc.	
636	Installations électriques (entrepreneur d').....	5 à 25
637	Accumulateurs et piles (fabricant d').....	10 à 25
638	Appareils télégraphiques et téléphoniques (fabricant d').....	10 à 25
	Groupe XI. — MATIÈRES PRÉCIEUSES, INSTRUMENTS DE MUSIQUE, INSTRUMENTS DE PRÉCISION ŒUVRES D'ART ET OBJETS DE COLLECTION.	
641	Orfèvrerie, bijouterie, joaillerie, galvanoplastie, monnaies.	
	a) Fabricant.....	5 à 12
	c) Fabricant chaîniste.....	3 à 8
	Chaînes en or et platine, couverts en argent, argentés ou dorés, anneaux pour chaînes en or et platine, alliances en or et platine, fils, paillettes, bouillons, etc., en or et platine.	
	Groupe XII. — TERRASSEMENTS, CONSTRUCTIONS, TRAVAUX PUBLICS.	
669	Travaux publics (entrepreneur de).....	5 à 12
	Constructions de chemins de fer, écluses, égouts, routes, ponts, quais, travaux de terrassement, travaux souterrains, fondations, travaux maritimes, travaux hydrauliques, etc.	
670	Drainage (entrepreneur de).....	5 à 12
	Entreprise d'assainissement, d'asséchement, de desséchement des marais, d'adduction d'eau, de construction de canaux, digues, etc.	
672	Sondage (entrepreneur de).....	5 à 12
	Recherches minières, forage de puits, la terrasse, la maçonnerie, établissement de pilotis.	
673	Dragage (entrepreneur de).....	5 à 12
675	Constructions en ciment armé (entrepreneur de).....	5 à 12
676	Cimenterie, canalisation et pavage (entrepreneur de).....	5 à 12
687	Installation d'éclairage, de chauffage, de force motrice par le gaz et l'électricité (entrepreneur de).....	5 à 15
697	Distribution d'électricité (exploitant de).....	5 à 25
	Groupe XIII. — NAVIGATION, PÊCHE MARITIME, MANUTENTIONS ET TRANSPORTS.	
702	*Manutentions maritimes (entrepreneur de).....	5 à 25
706	Chemins de fer ou tramways (concessionnaire de).....	(1)

(1) Voir à la fin du tableau le renvoi concernant les « professions non dénommées ».

Digitized by Google

Tableau des coefficients relatifs à l'industrie électrique (*suite*).

NUMÉROS D'ORDRE	DÉSIGNATION DES PROFESSIONS	COEFFICIENTS pour 100
	Groupe XIV. — COMMISSIONS, BANQUES, ASSURANCES.	
721	Assurances terrestres et maritimes (entrepreneur d')	(1)
	Groupe XVI. — INDUSTRIES ET COMMERCES DIVERS.	
758	Location de force motrice, de pompes d'épuisement, de dynamos pour l'électricité (entrepreneur de)	10 à 20
	ARTISANS ET ARTISANS FAÇONNIERS.	
767	Artisan (2)	10 à 30
768	Artisan façonnier (2)	15 à 50
	PROFESSIONS NON DÉNOMMÉES (3).	
769	Fabricant vendant en gros	3 à 12
770	Fabricant vendant en détail	5 à 15
771	Fabricant à façon	8 à 20
772	Marchand en gros	3 à 9
773	Marchand en détail	5 à 20

(1) Voir à la fin du tableau le renvoi concernant les « professions non dénommées ».
(2) Doivent être imposés d'après les coefficients généraux fixés ci-contre, et non d'après les coefficients arrêtés pour chaque nature d'industrie, les artisans et les artisans façonniers, quelle que soit la profession particulière exercée par chacun d'eux.
(3) Les professions prévues sous cette rubrique sont applicables aux professions non expressément dénommées au tableau ou pour lesquelles aucun tarif n'a été spécifié en raison de ce fait qu'elles ont paru n'être actuellement exercées que par des sociétés anonymes.

Relevé des indications retenues par la commission sur les conditions particulières susceptibles de faire varier dans l'exercice de certaines professions le pourcentage des bénéfices au chiffre d'affaires.

Groupe VIII. — 478. — MINIÈRES ET TOURBIÈRES (exploitant de). — L'extraction de la tourbe serait en général susceptible d'être affectée d'un coefficient moins élevé que celle des minerais.

496. — OUTILS DE FER OU D'ACIER ET PETIT OUTILLAGE (fabricant d'). — Le pourcentage des bénéfices serait en général au-dessous de la moyenne pour celui qui ne fabrique que des outils de fer ou d'acier à l'exclusion du petit outillage.

Groupe X. — 604. — MÉCANIQUE GÉNÉRALE (exploitant un atelier de). — On ne rangera dans cette catégorie que les contribuables qui exerceront simultanément plusieurs professions distinctes rentrant dans les catégories d'opérations prévues au tarif sous le titre de « mécanique générale ». On négligera donc les opérations qui, à raison de leur peu d'importance, n'auraient qu'un caractère accessoire, pour ne retenir que celles qui constitueraient nettement l'exercice de professions distinctes.

605. — MOTEURS A GAZ ET A EXPLOSION (constructeurs de). — Le pourcentage des bénéfices tend en général à diminuer à mesure que le chiffre d'affaires devient plus élevé.

636. — INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES (entrepreneur d'). — Même observation.

Groupe XIII. — 702. — MANUTENTIONS MARITIMES (entrepreneur de). — Le pourcentage des bénéfices serait en général *au-dessous* de la moyenne pour ceux qui utilisent un outillage mécanique, disposent d'un matériel important d'appareil de levage, d'allèges, de remorqueurs, d'installations importantes.

Au-dessus de la moyenne pour les entrepreneurs ne possédant pas d'outillage mécanique ou n'ayant qu'un outillage rudimentaire, ce qui est le cas général pour les arrimeurs des petits ports.

* * *

TABLE ALPHABÉTIQUE

Accumulateurs, 637.
Acier, 480-484, 517, 604.
Aciéries, 481-482.
Aimants, 635.
Ajustage, 604.
Alésoirs, 496, 522.
Alliages, 484, 522, 548.
Aluminium, 532, 533.
Antifriction métaux), 548.
Appareillage électrique, 635.
Appliques, 552.
Arbres, 486.
Artisan, 767.
Artisan façonnier, 768.
Ascenseurs, 623.
Assurances, 721.
Automatiques (appareils), 631.
Automobiles, 593.
Aviation, 405, 601.
Bacs, 602.
Bandages, 486.
Bateaux, 592.
Bâtiment, 512.
Bielles, 486.
Blooms, 481.
Bobines, 635.
Bois, 609, 610.
Bois cintré, 405.
Bois coloré, 410.
Bois courbé, 405.
Bois ignifugé, 410.
Bois injecté, 410.
Boulonnerie, 495.
Bronze, 547.
Cabestan, 623.
Câbles, 503, 634.
Calibres, 557.
Canalisation, 634, 676.
Carbures, 148.
Chaine, 486, 503.
Charpentes, 489.
Charbonnage, 405.
Châssis, 512.
Chaudières, 602, 603.
Chaudronnerie, 602.
Chauffage, 635, 687.
Chaux, 8.
Chaux hydraulique, 10.
Chemins de fer, 401, 405, 607, 623, 669, 706.
Clefs, 496.
Coloration des bois, 409-410.

Digitized by Google

Compas, 496, 522.
Compteurs, 626, 635.
Constructeur mécanicien, 604.
Construction métallique, 489.
Contact, 635.
Convertisseur, 480.
Coupe-circuit, 635.
Courroies, 378.
Crampons de rails, 495.
Creuset, 17, 483.
Crics, 623.
Crochets, 486.
Cuivre, 522, 524, 537, 547, 551, 557, 602.
Décolletage, 632.
Découpage, 557.
Desséchement de marais, 670.
Détartrage, 603.
Digues, 670.
Distribution d'électricité, 635, 697.
Dragage, 673.
Drainage, 670.
Dynamos (location de), 758.
Ebonite, 134.
Eclairage, 161, 552, 687.
Ecluses, 669.
Ecrous, 495.
Egouts, 669.
Electricité, 552, 553, 634 à 636, 697, 758.
Electrochimie, 148.
Electromédicaux (appareils), 635.
Electrosidérurgie, 484.
Elévateur, 623.
Emboutissage, 486, 557.
Emboutisseur, 516.
Enclume, 486.
Engrenage, 418.
Equerres, 496.
Essieux, 486.
Estampage, 557.
Etain, 535, 551.
Etambots, 486.
Etireur, 517, 518.
Etrave, 486.
Façonnier (artisan), 768.
Fer, 479 à 489, 491, 493, 495 à 497, 502, 503, 516 à 518, 592, 602.
Fer-blanc, 485.
Fer forgé, 512.
Fer galvanisé, 536.
Fer noir, 485.
Fermeture métallique, 512.
Ferro-alliages, 148, 484.
Ferromanganèse, 479.
Fonderies, 126, 488, 525, 526, 529, 530, 532, 533, 535.
Fondeur, 547.
Fonte, 479, 488.
Forage, 672.
Force motrice, 687, 758.
Forge, 486, 487.
Four, 480, 482.
Fraises, 496, 522.
Galvanoplaste, 191.
Galvanoplastie, 641 à 643.
Gaz, 161, 552, 553.
Gazogène, 602.
Générateur à vapeur, 602.
Hauts fourneaux, 479, 481.
Huile, 177.
Hydrauliques (appareils et machines), 626.
Ignifugation des bois, 409 et 410.
Interrupteurs, 635.
Jauges, 496.
Joints métalliques, 548.
Laiton, 522, 524, 547, 557.
Laminage, 522, 527, 531.
Lampes, 552.
Leviers, 496.
Limes, 502.
Locomobiles, 605.
Locomotives, 606.
Lustres, 552.
Machines, 604, 609, 610, 635.
Machines motrices à vapeur, 605.
Machines-outils, 609, 610.
Magnésiens (agglomérés), 17.
Maillechort, 530, 531.
Manganèse, 483.
Manivelles, 486.
Manutention, 623.
Manutentions maritimes, 702.
Matériel de chemins de fer, 607.
Matériel de guerre, 487.
Mécanique (modèles pour la), 418.
Mécanique générale, 604.
Mèches, 496.
Métal blanc, 530.
Métallique (construction), 489.
Métalloplastiques (joints), 548.
Métaux, 126, 479, 481 à 491, 493, 495 à 497, 502, 503, 512, 516 à 518, 522, 524 à 527, 529 à 533, 535 à 538, 547, 548, 551 à 553, 557, 609, 610, 632.
Minerai, 525, 526, 529, 532, 535.
Mines (matériel et machines pour), 604, 623.
Modèles en bois, 418.
Modeleur mécanicien, 418.
Montage de métiers, 604.
Moteurs, 605, 626.
Moufles, 17.
Navigation aérienne, 601.
Nettoyage, 603.
Nickel, 483, 529, 530.
Outils, 483, 496.
Palans, 623.
Perforateur, 516.
Périodiques, 203.
Pesage (instruments de), 630.
Pétrole, 178.
Pièces détachées, 604.
Piles, 637.
Pilotis, 672.
Pinces, 496.
Piquetage de chaudières, 603.
Piston, 480.
Platine, 641.
Plâtre 9, 10, 11.
Plomb, 525.
Pompes, 624, 758.
Pont, 489, 623, 669.
Porcelaine, 20, 26.
Poteaux télégraphiques, 401.
Poulies, 420.
Poubelles, 481, 482.
Presses, 486.
Produits réfractaires, 17.
Puddlés (aciers), 480, 482.
Puits, 672.
Quais, 669.
Rails, 481, 482.
Rampes, 512.
Recherches minières, 672.
Réfractaires (produits), 17.
Réfrigérants, 602.
Réservoirs, 602.
Ressorts, 486.
Rivets, 495.
Robinets, 551.
Roues, 405, 486.
Scies, 497.
Silicium, 483, 484.
Sondage, 672.
Soudure, 537, 538.
Tantale, 484.
Tarauds, 496, 522.
Télégraphiques (appareils), 638.
Téléphoniques (appareils), 638.
Tenailles, 496.
Tiges de pistons, 486.
Tire-fonds, 495.
Tôle, 481, 482, 485, 516, 602.
Tourbières, 478.
Tournage, 604.
Tourneur, 682.
Tournevis, 496.
Tramways, 608, 706.
Travaux publics, 669.
Traverses de chemins de fer, 401.
Tréfileur, 517.
Treuils, 623.
Tubes, 524.
Tungstène, 483, 484.
Turbines, 605.
Tuyaux, 17, 488.
Ventilation, 622.
Vérins, 623.
Verre, 26.
Verrerie, 26.
Volants, 486.
Voitures, 608.
Wagons, 607.
Zinc, 526, 527.

Législation, jurisprudence, réglementation

Les taxes établies par les articles 19 à 38 de la loi du 31 décembre 1917.

Nous avons signalé dans la « R. G. E. » du 30 mars 1918, t. III, p. 458, l'entrée en vigueur le 1er avril 1918 de l'article 18 relatif au timbre des effets de commerce de la loi du 31 décembre 1917. Les articles 19 à 28 de la même loi se rapportent aux taxes établies sur les paiements et versements et devaient faire l'objet d'un règlement d'administration publique renseignant les intéressés sur leur application. Le règlement d'administration publique, daté du 29 mars 1918, a été publié dans le « Journal officiel » du 30 mars 1918, p. 2831, mais il semble n'avoir pas apporté tous les éclaircissements désirés.

Nous donnons ci-dessous le texte des articles 19 à 28 de la loi du 31 décembre 1918, l'article 28 ne nous intéressant pas ; nous espérons pouvoir donner bientôt quelques explications sur leur application aux opérations commerciales des industries électriques.

ART. 19. — A l'expiration du même délai (c'est-à-dire à partir du 1er avril 1918), une taxe de vingt centimes (0,20 fr) par 100 fr ou fraction de 100 fr, sans addition de décime, sera perçue sur tous les titres, de quelque nature qu'ils soient, signés ou non signés, constatant des paiements ou des versements de sommes, soit à des non-commerçants pour une cause quelconque, soit à des commerçants pour une autre cause que l'exercice de leur commerce. En ce qui concerne lesdits titres, la taxe est substituée au droit de timbre établi par les articles 18 de la loi du 23 août 1871 et 28 de la loi du 15 juillet 1914 sur les titres emportant libération, reçu ou décharge de sommes.

ART. 20. — Sont seuls exemptés de la taxe de 20 centimes par 100 fr et continuent d'être soumis, chacun en ce qui le concerne, aux droits de timbre en vigueur :

1° Les titres constatant l'extinction d'une dette par voie de compensation légale ou de confusion ;

2° Les acquits inscrits sur les chèques ainsi que sur les lettres de change, billets à ordre et autres effets de commerce assujettis au droit proportionnel de timbre ;

3° Le renouvellement de lettres de change, billets à ordre et autres effets de commerce qui restent soumis aux droits établis par l'article premier de la loi du 5 juin 1850 ;

4° Les quittances ou reçus de 10 fr et au dessous, quand il ne s'agit pas d un acompte ou d'une quittance finale sur une plus forte somme ;

Digitized by Google

5° Les quittances énumérées dans l'article 20, troisième et quatrième paragraphes de la loi du 23 août 1871;

6° Les reçus délivrés par les banques aux clients titulaires de comptes de dépôts, ainsi que les reçus donnés par lesdits titulaires lorsqu'ils ont exclusivement pour objet de constater les versements ou les retraits effectués par les clients au crédit ou au débit de leur propre compte;

7° Les quittances ou reçus de sommes déposées ou consignées chez des officiers publics ou ministériels en leur dite qualité, lorsqu'elles n'opèrent pas vis-à-vis des tiers la libération des déposants et les décharges que donnent les déposants ou leurs ayants cause auxdits officiers publics ou ministériels, lorsque la remise des sommes consignées ou déposées est faite.

Art. 21. — Le droit prévu à l'article 19 est dû pour chaque reçu, décharge, quittance ou acte constatant un paiement.

Il peut être acquitté par l'apposition de timbres mobiles dont les conditions d'emploi seront déterminées par un règlement d'administration publique.

Les dispositions des articles 20 et 21 de la loi du 11 juin 1859 sont applicables aux titres sur lesquels les timbres mobiles auront été apposés. Une remise de 2 pour 100 sur le timbre est accordée, à titre de déchet, à ceux qui feront timbrer préalablement leurs formules de quittances ou décharges de sommes.

Art. 22. — Toute contravention aux dispositions de l'article 19 ou du règlement d'administration publique prévu à l'article 21 sera punie d'une amende de 6 pour 100 de la somme sur laquelle l'impôt n'aura pas été régulièrement acquitté, sans que cette amende puisse être inférieure à 50 fr en principal.

L'impôt est à la charge de la partie qui aura effectué le paiement ou le versement; néanmoins la personne qui a donné quittance, reçu ou décharge en contravention de l'article 19 est tenue personnellement et sans recours, nonobstant toute stipulation contraire, du montant des droits, frais et amendes.

Les contraventions sont constatées et poursuivies dans les formes prescrites et par les agents désignés par l'article 23 de la loi du 23 août 1872. Il est attribué à ces agents un dixième des sommes recouvrées.

Art. 23. — A l'expiration d'un délai de trois mois après la promulgation de la présente loi, le paiement de la vente au détail ou à la consommation de toutes marchandises, denrées, fournitures ou objets quelconques est frappé, au profit de l'État, lorsque ce paiement dépasse 150 fr, d'une taxe de 20 centimes par 100 fr ou fraction de 100 fr, sans addition de décimes.

Ladite taxe est également perçue sur tous les titres de quelque nature qu'ils soient, signés ou non signés, qui pourraient être remis par le vendeur en constatation de paiements effectués inférieurs à 150 fr, mais supérieurs à 10 fr.

Dans le cas ci-dessus, la taxe remplace le droit de timbre établi par les articles 18 de la loi du 23 août 1871 et 28 de la loi du 15 juillet 1914 sur les titres emportant libération, reçu ou décharge de somme.

Est soumis à la taxe le paiement des marchandises importées, lorsque ces marchandises sont destinées aux consommateurs.

En sont exempts les paiements des livraisons à l'étranger de marchandises fabriquées ou produites en France.

Les mesures nécessaires pour assurer le paiement de la taxe sur les paiements de marchandises importées, ainsi que la franchise de l'impôt sur les paiements d'objets exportés, seront réglés par des arrêtés du ministre des Finances.

Art. 24. — L'impôt établi par l'article précédent est à la charge de l'acquéreur ou du consommateur et doit être versé lors du paiement total ou partiel du prix.

La perception de la taxe sera constatée dans les conditions prescrites par un règlement d'administration publique.

Art. 25. — Le commerçant est tenu de représenter tant au siège de son principal établissement que dans ses agences ou succursales, aux agents de l'enregistrement et tous autres agents spéciaux des finances, un livre spécial dont la forme sera déterminée par un règlement d'administration publique.

Tout refus de communication sera constaté par un procès-verbal et soumis aux sanctions édictées par l'article 5 de la loi du 17 avril 1906.

Le règlement d'administration publique prévu à l'article 21 déterminera les lieux et les époques de versement de l'impôt au bureau administratif compétent, la forme des quittances à délivrer, ainsi que toutes les autres mesures nécessaires pour l'exécution des dispositions contenues dans le présent article et dans les articles 23 et 24.

Art. 26. — Tout vendeur, tout acquéreur ou consommateur, qui auront contrevenu aux dispositions des articles 23, 24 et 25 de la présente loi ou du règlement d'administration publique, seront punis d'une amende de 6 pour 100 de la somme sur laquelle l'impôt n'aura pas été régulièrement acquitté, sans que cette amende puisse être inférieure à 50 fr en principal.

Le recouvrement du droit simple est poursuivi contre le vendeur, sauf le recours de celui-ci contre l'acquéreur ou consommateur.

L'amende prévue au paragraphe premier du présent article pourra, à chaque récidive, être majorée de 25 pour 100.

Les contraventions sont constatées au moyen de procès-verbaux par les agents de l'enregistrement, les officiers de police judiciaire, les agents de la force publique, ceux des contributions directes, des contributions indirectes, des douanes et des octrois. Il leur est attribué un dixième des amendes recouvrées.

L'action de l'administration se prescrit par trois ans à compter de la découverte de l'infraction.

Les instances sont introduites et jugées suivant les formes prescrites par l'article 76 de la loi du 28 avril 1816.

Art. 27. — Trois mois après la promulgation de la présente loi, une taxe de 10 pour 100 sera instituée sur le paiement des marchandises, denrées, fournitures ou objets quelconques offerts au détail ou à la consommation, sous quelque forme et dans quelque condition que ce soit, par un commerçant ou par un non-commerçant, si ces marchandises, denrées, fournitures ou objets quelconques sont classés comme étant de luxe.

La désignation des marchandises, denrées, fournitures ou objets quelconques soumis à la taxe de 10 pour 100 sera faite par une loi, après avis d'une commission constituée par décret.

En cas de vente publique, le droit d'enregistrement perçu sur le procès-verbal sera porté à 10 pour 100 du prix des marchandises et objets de cette catégorie. Ladite majoration ne sera toutefois pas appliquée dans le cas de vente par licitation forcée.

Toute transaction portant sur une marchandise ou un objet de luxe, quel qu'en soit le prix, est obligatoirement constatée, lorsque le vendeur est commerçant, par l'inscription sur un livre de commerce agréé par l'administration. Le vendeur non commerçant devra délivrer quittance.

Toutes les dispositions des trois derniers paragraphes de l'article 23 et celles des articles 24, 25 et 26 de la présente loi sont applicables à la taxe de 10 pour 100 prévue au présent article.

Toutefois, la perception de la taxe sera toujours constatée par l'apposition de timbres mobiles sur l'écrit libératoire délivré par le commerçant.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 18. — 4 MAI 1918.

Chronique. — La tarification de l'énergie électrique d'après le prix du charbon et l'établissement de ce prix. — — Bibliographie : L'industrie de l'acier en France. Simple exposé technique et industriel, par J. TRIBOT-LASPIÈRE. — Bibliographie : Comment économiser le chauffage domestique et culinaire, par R. LEGENDRE et A. THEVENIN, p. 641-642.

Section scientifique et technique. — Note sur l'échauffement des conducteurs dans les encoches, par G PERRIN, p. 643. — Revues, analyses et informations : Sur les mouvements de l'eau dans les cheminées d'équilibre. Conduites fermées aux deux extrémités. Accumulateurs et pare-chocs, p. 645.

Section industrielle. — Note sur la corrosion des tubes des condenseurs par surface alimentés à l'eau de mer, par G. COSTESIQUE, p. 647. — Revues, analyses et informations : Condensateurs pour circuits de distribution de force motrice, p. 650; La marche en parallèle des alternateurs. Détermination de la vitesse de résonance correspondant à un volant donné ou inversement, p. 653; Nouveau distributeur électrique permettant de remplacer le collecteur ou commutateur dans les machines électriques existantes et de solutionner un certain nombre de nouveaux problèmes électriques p. 656; La commande à distance par les circuits fantômes, p. 658; Utilité de l'air comprimé dans les centrales, p. 659.

Section économique et financière. — La situation actuelle de la culture mécanique en France, par Ach. DELAMARRE, p. 661. — Congrès général du Génie civil (*suite*), p. 664. — Assemblées générales : Société des Forces motrices de la Loue, 666.

Section de législation. — La procédure des demandes de concessions sur le domaine public, par G. TOCHON, p. 667. — Législation, jurisprudence, réglementation : Décret relatif à l'établissement d'usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public, p. 670; Proposition de loi ayant pour objet d'organiser rationnellement le commerce d'exportation et de modifier la loi du 4 mars 1898 sur l'Office national du commerce extérieur, p. 371.

La tarification de l'énergie électrique d'après les prix du charbon et l'établissement de ce prix. — Un certain nombre d'entreprises de distribution d'énergie électrique ont introduit dans leurs tarifs de vente de l'énergie une clause liant le prix de vente au prix d'achat moyen du charbon dans le cours de l'année. Généralement, ce dernier est déterminé d'après les prix payés par les Chemins de fer de l'État et, depuis 1913, une circulaire annuelle faisait connaître aux intéressés la moyenne de ces prix pour l'année écoulée; en raison des fluctuations rapides des prix dans ces derniers temps, la circulaire annuelle a été remplacée par une circulaire trimestrielle depuis le 1er janvier 1917.

Les industriels ayant fait observer que les prix des charbons des Chemins de fer de l'Etat ne pouvaient plus être envisagés comme base de comparaison efficace puisqu'ils n'avaient plus aucune liberté soit pour acheter soit pour transporter leurs combustibles, l'achat et le transport étant effectués d'office par l'État, le ministre des Travaux publics et des Transports a saisi le Comité d'Electricité de la question. Après étude et entente avec le ministère de l'Armement et le Bureau national des Charbons, il fut convenu que le prix de revient des charbons serait établi individuellement pour toute usine génératrice alimentant des concessions de distribution dont les cahiers des charges renferment la clause citée ci-dessus et qu'il serait communiqué aux intéressés, tout en laissant aux producteurs et consommateurs d'énergie électrique toute liberté pour l'application de leurs contrats soit par une entente amiable, soit par une décision des tribunaux.

En vue de connaître les producteurs intéressés et d'éviter tout travail inutile, une circulaire du ministre des Travaux publics et des Transports en date du 6 février demandait aux ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées de dresser une liste des usines génératrices pour lesquelles l'établissement du prix de revient du charbon est indispensable. Les réponses faites à cette circulaire montrèrent que les concessions dont le cahier des charges comporte une clause de variation en fonction du prix des charbons sont très peu nombreuses, mais que, par contre, des entreprises dont le cahier des charges ne prévoit pas cette clause l'appliquent fréquemment pour la distribution de la force motrice. Il en résultait que beaucoup d'industriels n'avaient pu être touchés par l'enquête prescrite par la circulaire du 6 février, cette enquête ne s'adressant qu'aux concessionnaires de la première catégorie. Pour obvier à cet inconvénient, une nouvelle circulaire, en date du 3 mars, préconisait une solution sur laquelle il nous paraît utile d'appeler

Digitized by Google

l'attention de nos lecteurs en reproduisant les passages de la circulaire qui la concernent :

Le Service du Contrôle ne peut évidemment pas rechercher quels sont les tarifs appliqués dans toutes les distributions concédées, mais il y aurait lieu cependant de permettre aux industriels ci-dessus visés (ceux dont le cahier des charges ne prévoit pas la clause en question) d'utiliser dans leurs contrats la constatation du prix du charbon publié trimestriellement par l'Administration.

A cet effet, je vous prie de vouloir bien signaler à ces distributeurs d'énergie électrique l'intérêt qu'ils auraient à adresser à l'ingénieur en chef des Ponts et Chaussées de leur département une *demande tendant à faire faire cette constatation* en ce qui les concerne. Ces demandes, groupées dans chaque service de contrôle, devront me parvenir par votre intermédiaire.

Bibliographie : L'industrie de l'acier en France. Simple exposé technique et industriel, par J. Tribot-Laspière, ingénieur civil des mines (1). — Peu d'industries offrent un spectacle aussi grandiose que les industries métallurgiques; il y a là, pour l'illustration photographique, une source inépuisable de scènes à reproduire et l'auteur du présent ouvrage en a largement profité, certain qu'elles trouveraient auprès du lecteur l'accueil le plus favorable. Vingt planches sur feuilles simples et doubles donnent des vues de hauts fourneaux, de machines soufflantes, de coulées de la fonte et de l'acier, de manipulations de lingots, de laminoirs, de quelques grands emplois de l'acier, etc.; elles instruisent par les yeux autant que le texte en s'adressant à l'esprit.

M. J. Tribot-Laspière s'est proposé de rédiger un ouvrage qui contienne, dans ses grandes lignes, les procédés de fabrication de l'industrie sidérurgique en France ainsi que ses conditions économiques; autrement dit il expose l'élaboration du métal depuis le moment où les matières premières entrent à l'usine jusqu'au moment où celle-ci livre le produit fini. Ainsi délimité, le sujet se prêtait encore à de longs développements, mais l'auteur a préféré alléger son livre de détails trop scientifiques afin de réserver une plus large place aux descriptions techniques. Bien écrit, bien ordonné, riche en schémas qui éclairent le texte et complètent les clichés, cet ouvrage sera lu avec fruit par tous ceux qui s'intéressent aux choses de l'industrie et qui, en particulier, désirent savoir ce qu'était l'industrie de l'acier en France à la grande date de 1914. Nous sommes heureux de constater qu'elle n'avait rien à envier aux industries similaires d'autres pays. Son développement ultérieur dépendra des nécessités de l'après-guerre; dans tous les cas, l'édification des hauts fourneaux de Caen démontre péremptoirement que nos usiniers et ingénieurs sont capables de faire face à toutes les nécessités éventuelles.

Dans l'exposé technique, qui constitue la première partie du présent livre, on trouvera des notions sur l'acier, les matières premières, coke et minerai, sur la fabrication de la fonte et le haut fourneau; puis une description des procédés de fabrication de l'acier aux convertisseurs Bessemer et Thomas et au four Martin. L'auteur met nettement en évidence les caractéristiques de chacune de ces méthodes d'élaboration du métal dans lesquelles le garnissage joue un rôle prépondérant. Les aciers extra-fins, qui sont du ressort de l'électrosidérurgie, donnent lieu à la description de quelques fours électriques, enfin, au sortir des convertisseurs, le métal est travaillé dans des laminoirs qui fournissent un certain nombre de fers marchands dont l'auteur énumère les différentes modalités. Cette première partie se termine par une présentation détaillée de l'importante usine métallurgique de la Société des Aciéries de Longwy dont les bâtiments couvrent une superficie de 197 hectares, dont les services électriques comprennent une usine génératrice de 20 450 ch et qui produisait annuellement 300 000 t d'acier.

L'exposé économique occupe la deuxième et dernière partie de l'ouvrage avec les chapitres suivants : La question des approvisionnements, Le minerai, Charbon et Coke, La main-d'œuvre, Évolution de la sidérurgie française, Statistiques générales, Coup d'œil sur les sidérurgies étrangères, Résumé et conclusion. On trouvera, dans ces dernières pages, d'intéressants renseignements sur l'organisation syndicale, sur la caisse des Retraites ouvrières et sur l'organisation commerciale, notamment sur l'institution des comptoirs. Il y a dans le fonctionnement de ces grandes industries et dans leurs rapports entre elles des règles ignorées du public. Nous devons féliciter l'auteur d'avoir comblé cette lacune.

Bibliographie : Comment économiser le chauffage domestique et culinaire, par R. Legendre et A. Thevenin, membres de la Section d'Hygiène de la Direction des Inventions, Études et Expériences techniques (1). — Depuis bientôt trois ans que l'on conseille l'économie du combustible, on ne s'est guère préoccupé de faire connaître les moyens de la réaliser. Dans la grande industrie cette abstention n'a pas eu trop d'inconvénients, les chefs d'industrie ou leurs ingénieurs étant depuis longtemps entraînés vers la recherche d'un minimum de dépense pour l'obtention d'un même résultat. Malheureusement, il n'en est pas de même dans le grand public, beaucoup de maîtresses de maison et surtout leurs domestiques n'ayant aucune idée de ce qu'est un combustible, ni de la manière dont il convient d'en opérer la combustion pour en tirer le meilleur profit suivant sa nature.

La brochure qui vient de paraître a pour but de combler cette lacune. Le 7 septembre dernier le Sous-Secrétaire d'État des Inventions, des Études et des Expériences techniques adressait, par la voie de la presse, un appel où il demandait « que tous ceux qui trouveront un moyen de mieux utiliser les aliments et les combustibles, d'augmenter leur rendement, d'éviter leur gaspillage, de récupérer leurs déchets, n'hésitent pas à faire connaître leurs procédés et leurs suggestions au Sous-Secrétariat ». Cet appel fut entendu et c'est de la lecture des réponses qui furent faites que naquit l'idée de la publication qui nous occupe.

Par son but même cette publication est avant tout une œuvre de vulgarisation. Néanmoins, nos lecteurs pourront y trouver des recettes qu'ils ne connaissent pas pour réaliser des économies dans le chauffage des bureaux et ateliers; en tout cas, il importe, afin de laisser disponible pour l'industrie une plus grande quantité de combustible, qu'ils répandent autour d'eux cette brochure, et c'est surtout à ce titre que nous la leur signalons.

(1) Un volume, 25 cm × 16 cm, de VII-363 pages avec 64 figures dans le texte et 20 planches hors texte. Éditeur, librairie Vuibert, 63, boulevard Saint-Germain, Paris (VI^e^).

(1) Une brochure format 21 cm × 14 cm, 123 pages, 31 fig. Masson et C^ie^, éditeurs. Prix, 1 fr. 25.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Note sur l'échauffement des conducteurs dans les encoches

L'auteur de la note ci-dessous indique une nouvelle méthode permettant de déterminer par le calcul l'échauffement des conducteurs dans les encoches. Cette méthode est simple et rapide comme le montre l'exemple numérique qui termine la note.

La détermination de la température maximum que peut atteindre le cuivre dans les encoches est d'une grande importance pour la conservation de l'isolant.

Nous allons montrer comment la répartition réelle de la température du conducteur dépend de deux températures obtenues simplement en faisant des hypothèses particulières : la première en supposant que toute la chaleur s'écoule dans le fer et la deuxième en supposant qu'elle s'écoule en entier par les têtes de bobines.

Nous rétablirons rapidement la formule classique de la répartition de la température pour fixer la notation ; nous tiendrons compte de la variation de résistivité et, afin de simplifier l'écriture, nous considérerons les températures comme comptées à partir de — 250° : la résistivité du cuivre est alors $\frac{\rho_0 T}{250}$; la température du fer est supposée constante et égale à T_{fer}.

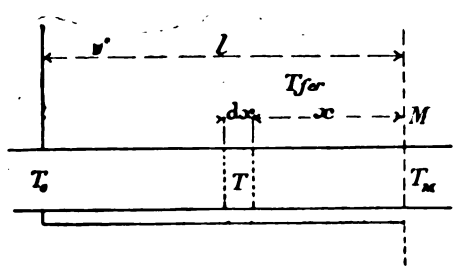


Fig. 1.

Soit M le point le plus chaud (fig. 1), les longueurs sont comptées à partir de ce point.

Considérons l'élément dx, la chaleur dégagée est

$$\frac{K\rho_0 T}{250} q\mathfrak{d}^2 \, dx,$$

K, coefficient pour tenir compte des courants de Foucault,

q, section totale du cuivre dans l'encoche,

$\mathfrak{d}$, densité de courant.

Soit λ la conductibilité du cuivre : il entre par la face de droite une quantité de chaleur $-\lambda q \frac{dT}{dx}$ et il sort par la face de gauche $-\lambda q \left(\frac{dT}{dx} + \frac{d^2T}{dx^2} dx\right)$.

Enfin, latéralement, en appelant H la quantité de chaleur évacuée par unité de longueur du conducteur et pour 1°, il sort $H(T - T_{fer})dx$.

En régime permanent nous avons donc la relation

$$\frac{d^2T}{dx^2} - \left(\frac{H}{\lambda q} - \frac{K\rho_0 \mathfrak{d}^2}{250\,\lambda}\right) T = -\frac{H}{\lambda q} T_{fer}.$$

Equation de la forme $\frac{d^2T}{dx^2} - a^2 T = -b$.

La température étant maximum pour $x = 0$, la solution est $T = A(e^{ax} + e^{-ax}) + \frac{b}{a^2}$.

Soit T_0 la température de la tête de bobine pour $x = l$, il vient

$$T = \frac{T_0 - \frac{b}{a^2}}{e^{al} + e^{-al}} (e^{ax} + e^{-ax}) + \frac{b}{a^2}.$$

Supposons maintenant que toute la chaleur s'évacue à travers l'isolement et soit T' la température fictive que prendrait le cuivre ; il suffit de faire $\frac{dT'}{dx} = 0$, d'où $T' = \frac{b}{a^2}$.

Donc

$$T = T' - \frac{T' - T_0}{e^{al} + e^{-al}} (e^{ax} + e^{-ax}).$$

La température maximum du cuivre est

$$T_M = T' - \frac{2(T' - T_0)}{e^{al} + e^{-al}},$$

l'élévation maximum de température de l'intérieur à l'extérieur est par suite

$$\Delta T_{max} = (T' - T_0)\left(1 - \frac{2}{e^{al} + e^{-al}}\right).$$

Il est intéressant de connaître l'élévation de tempé-

Digitized by Google

rature qui serait mesurée par résistance. Soit T_r la température moyenne obtenue par cette méthode

$$T_r = \frac{1}{l}\int_0^l T\,dx = T' - \frac{T'-T_0}{e^{al}+e^{-al}}\cdot\frac{1}{l}\int_0^l (e^{ax}+e^{-ax})\,dx,$$

$$T_r = T' - \frac{T'-T_0}{e^{al}+e^{-al}}\cdot\frac{e^{al}-e^{-al}}{al},$$

l'élévation moyenne devient

$$\Delta T_r = (T'-T_0)\left[1 - \frac{e^{al}-e^{-al}}{al\,(e^{al}+e^{-al})}\right].$$

On voit que ΔT_{max} et ΔT_r sont égales à l'élévation $T'-T_0$ obtenue en négligeant l'écoulement de chaleur vers les têtes de bobines, multipliées par des coefficients de corrections qui sont simplement fonctions de al.

On peut trouver une interprétation physique de al; exprimons a en fonction de T'

$$a^2 = \frac{H}{\lambda q} - \frac{K\rho_0\delta^2}{250\,\lambda} = \frac{b}{T_{fer}} - \frac{K\rho_0\delta^2}{250\,\lambda} = \frac{a^2T'}{T_{fer}} - \frac{K\rho_0\delta^2}{250\,\lambda},$$

d'où on tire

$$a^2l^2 = \frac{K\rho_0\delta^2 l^2 T_{fer}}{250\,\lambda\,(T'-T_{fer})}.$$

En supposant que toute la chaleur s'écoule par les têtes de bobines et en outre que la résistivité est constante et correspond à la température du fer, on sait que la chute de température θ pour une longueur l à partir du point le plus chaud est $\theta = \frac{K\rho\, l^2\,\delta^2}{2\lambda}$.

Nous avons donc $a^2 l^2 = \frac{2\theta}{T'-T_{fer}}$.

Les coefficients de correction sont donc fonctions du rapport $\frac{\theta}{T'-T_{fer}}$; ils peuvent être calculés par les formules établies ci-dessus ou bien être pris sur les courbes données ci-contre.

Il est en outre intéressant de connaître quelques autres grandeurs : par exemple la chaleur totale dégagée dans l'encoche :

$$\int_0^l \frac{K\rho_0 T}{250}\,q\,\delta^2\,dx = \frac{K\rho_0 T_r}{250}\,q\,\delta^2 l,$$

la chaleur évacuée dans le fer :

$$\int_0^l H\,(T - T_{fer}) = Hl\,(T_r - T).$$

La température T_r est calculée par la méthode précédente.

Application pratique. — Il y a une grande incertitude sur les valeurs à attribuer aux coefficients K des courants de Foucault et H d'évacuation à travers l'isolant, on peut donc prendre pour les résistivités des valeurs correspondant à des températures évaluées en première approximation.

1° *Calcul de* θ. — Nous supposerons le fer à 75°, $\rho = 2{,}1$, $\lambda = 3{,}5$; donc

$$\theta = \frac{2{,}1\ 10^{-6}}{2\times 3{,}5}\,K\,(l\delta)^2,$$

ou $\theta = 0{,}3\,K\,(l\,\delta)^2$ en exprimant l en décimètres et δ en A : mm².

2° *Calcul de* $T' - T_{fer}$. — On peut compter en moyenne 0,8 w : dm² pour un millimètre d'épaisseur d'isolant et une chute de température de 1°. (Si on veut être plus exact, on doit prendre les différents isolants et les jeux d'air avec leurs conductibilités respectives.) Soit p le périmètre actif de l'encoche en décimètres et ε l'épaisseur d'isolant en millimètres

$$H = \frac{0{,}8\,p}{\varepsilon};$$

en supposant une température fictive de 100°, la chaleur dégagée par décimètre de longueur est

$$2{,}25\ 10^{-6}.K.q\times\delta^2 10^4\times 10 = \frac{2{,}25}{10}\,Kq\delta^2,$$

où q est exprimé en centimètres carrés, donc

$$T' - T_{fer} = \frac{2{,}25\,K.q.\delta^2\varepsilon}{10\times 0{,}8.p},$$

$$T' - T_{fer} = 0{,}28\,\frac{Kq\delta^2\varepsilon}{p}.$$

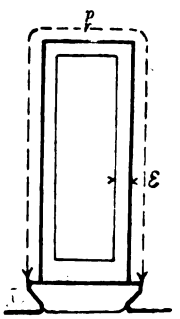


Fig. 2.

Exemple numérique. — Largeur totale de fer : 50 cm.

Le point le plus chaud étant au milieu : $l = 2{,}5$ dm.

4 conducteurs de

80 mm² : $q = 3{,}2$ cm².

Densité de courant : $\delta = 2.8$ A : mm².

Périmètre actif : $p = 1{,}2$ dm (fig. 2).

Épaisseur d'isolant $\varepsilon = 3$ mm.

Nous prendrons : $K = 1{,}2$.

$$\theta = 0{,}3\,K\,(l\delta)^2 = 0{,}3.1{,}2.(2{,}5.2{,}8)^2 = 17°{,}6,$$

$$T' - T_{fer} = 0{,}28\,\frac{Kq\delta^2\varepsilon}{p} = 0{,}28\,\frac{1{,}2.3{,}2.\overline{2{,}8}^2.3}{1{,}2} = 21°,$$

le rapport

$$\frac{\theta}{T'-T_{fer}} = \frac{17{,}6}{21} = 0{,}84,$$

les courbes (fig. 3) donnent

$$\Delta T_{max} = 0{,}495\,(T'-T_0) = 0{,}495\,(T_{fer} - T_0 + 21°).$$

$$\Delta T_r = 0{,}335\,(T'-T_0) = 0{,}335\,(T_{fer} - T_0 + 21°).$$

La température maximum atteinte par le cuivre est

$$T_M = T_0 + \Delta T_{max} = 0{,}495\,T_{fer} + 0{,}505\,T_0 + 10°{,}4.$$

La température par résistance

$$T_r = T_0 + \Delta T_r = 0{,}335\,T_{fer} + 0{,}665\,T_0 + 7°.$$

Ces expressions permettent de se rendre compte de l'in-

Digitized by Google

fluence des températures du fer et des têtes de bobines.

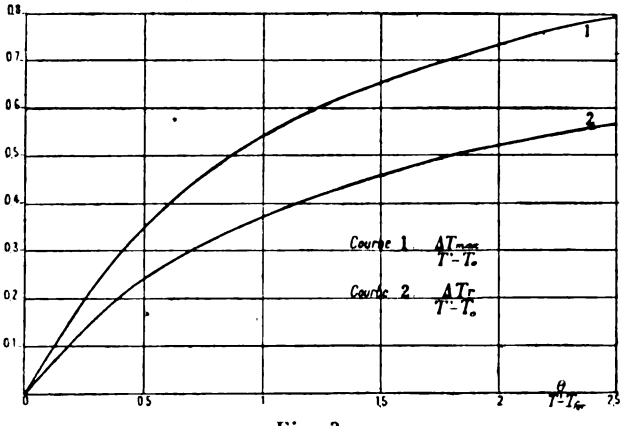


Fig. 3.

Supposons le fer à 75° et les têtes de bobines à 70°, la température maximum est

$$37,2 + 35,3 + 10,4 = 82°9,$$

et la température par résistance

$$25,1 + 46,5 + 7 = 78°,6.$$

La puissance correspondant à la chaleur totale dégagée dans l'encoche pour la longueur $2l$ est

$$\frac{1,6\times T_r}{10\times 250} K.q.\delta^2.2l = \frac{1,6(250+78.6)}{10.250} 1,2.3,2.2,8^2.5 \quad 31,5 \text{ w.}$$

celle qui correspond à la chaleur évacuée dans le fer est

$$\frac{0,8\,p}{\varepsilon}(T_r - T_{fer}).2l = \frac{0,8.1,2}{3} \times 3,6 \times 5 = 5,75 \text{ w},$$

et celle correspondant à la chaleur évacuée par les têtes de bobines

$$31,5 - 5,75 = 25,75 \text{ w.}$$

G. Perrin,
I. E. P. C. I.

Revues, analyses et informations

Sur les mouvements de l'eau dans les cheminées d'équilibre. Conduites fermées aux deux extrémités. Accumulateurs et pare-chocs (1).

M. Eydoux avait déjà montré (2) que les cheminées d'équilibre transforment les conduites sur lesquelles elles sont montées en conduites ouvertes aux deux extrémités et ont pour résultat d'affaiblir d'une façon très considérable le coup de bélier d'onde et le remplacer par une oscillation en masse dont on peut limiter l'amplitude, soit par le déversement, soit par l'augmentation de la section de la cheminée.

M. Eydoux, poursuivant ses études en vue de l'application aux usines avec long canal d'amenée en charge, a envisagé particulièrement les mouvements de l'eau dus à l'oscillation.

Fermeture brusque totale. — En pratique, si le diamètre de la cheminée est assez grand, on peut négliger la perte de charge dans la cheminée vis-à-vis de celle qui se produit dans la conduite.

Posons

$$m = H + \frac{l\omega}{s},$$

où H est la hauteur de la cheminée supposée verticale, ω sa section, l la longueur et s la section du canal en charge; de même posons

$$a = \frac{u_0}{\sqrt{mg}},$$

avec

$$u_0 = v_0 \frac{S}{\omega},$$

v_0 étant la vitesse initiale dans la conduite.

Si nous négligeons la perte de charge, la montée maximum x_1 et la descente maximum x_2 sont données approximativement par les formules

$$x_1 = ma + m\left[\frac{1}{3}a^2 + \frac{1}{36}a^3\right]$$

$$x_2 = -ma + m\left[\frac{1}{3}a^2 - \frac{1}{36}a^3\right].$$

Si on tient compte de la perte de charge supposée proportionnelle au carré de la vitesse, et en posant

$$j_0 = \frac{\lambda u_0^2}{2g},$$

j_0 étant la perte de charge à la vitesse v_0, la montée maximum x_1 est donnée par la racine positive de l'équation

$$(m - \lambda x)(m + x)^{\lambda} - \left(m - \frac{\lambda u_0^2}{2g}\right)^{\lambda+1} = 0,$$

et la descente maximum x_2 par la racine négative de l'équation

$$(m + \lambda x)(m + x_1)_{\lambda} - (m + \lambda x_1)(m + x)_{\lambda} = 0.$$

On résoudra par approximations successives, mais si j_0 est petit par rapport à ma on aura les expressions

$$x_1 = ma - \frac{ma^2}{3} - \frac{2}{3}j_0,$$

$$x_2 = -ma + \frac{ma^2}{3} + 2j_0.$$

Fermeture brusque partielle. — Si la vitesse passe de la valeur v_0 à la valeur $v_0(1-n)$, c'est-à-dire si l'on ramène le débit à n fois sa valeur primitive, $n < 1$, on trouve, toujours avec les mêmes hypothèses,

$$x_1 = ma(1-n) - \frac{2}{3}j_0(1-n)^2 - \frac{5n(1-n)}{12H_0}m^2a^2,$$

H_0 étant la hauteur de chute totale mesurée au distributeur.

Ouverture brusque totale. — L'écoulement étant nul au début, l'équation de continuité ne permet pas de fixer les conditions initiales. En étudiant le phénomène en se servant des coups de bélier par onde, on voit que le débit initial tend à être fourni par la cheminée, la vitesse dans la conduite tendant vers zéro.

(1) Denis Eydoux. *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 18 mars 1918, t. clxvi, p. 462, 1 000 mots et 8 avril 1918, t. clxi, p. 559.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 1916, t. clxiii, p. 346.

Digitized by Google

L'équation de continuité est alors remplacée par

$$\omega u_0 = c\sqrt{2gH_0}.$$

Si, dans les équations, on néglige x devant m, ce qui est presque toujours possible en pratique, on obtient

$$x_2 = -ma + \frac{2}{3}j_0 + \frac{5}{12}\frac{m^2a^2}{H_0}.$$

Cas de plusieurs cheminées — En employant un procédé analogue à celui indiqué par M. Camichel (1), on pourra déterminer les nouvelles périodes des mouvements, mais les équations de continuité ne suffisent plus pour fixer les conditions initiales.

En numérotant les cheminées de l'aval vers l'amont et en supposant le diamètre de la conduite constant, on a pour une fermeture totale

$$\begin{aligned} Sv_1 &= \omega_1 u_1 + Sv_2 \\ Sv_2 &= \omega_2 u_2 + Sv_3 \\ &\cdots\cdots\cdots \\ Sv_n &= \omega_n u_n. \end{aligned}$$

On connaît v_1, on a à définir $n-1$ quantités v et n quantités u et on n'a que n équations.

Pour définir les conditions initiales, il faudrait recourir à l'étude du mouvement par ondes, il en résulte que le problème est très complexe.

II. — Considérons maintenant une conduite entièrement fermée comme on en rencontre dans les distributions d'énergie par eau sous pression.

Soit un tube de longueur l fermé à un bout et de vitesse de propagation a; on pousse à l'autre bout pendant un temps τ très court, inférieur à $\frac{2l}{a}$, un piston avec une vitesse v_0; on produit une onde de compression isolée $\frac{av_0}{g}$ qui se déplace avec réflexion sans changement de signe sur le fond et sur le piston.

Ce n'est qu'après un certain temps, par suite de l'étalement des ondes, qu'il y a une compression uniforme égale à $\frac{a^2v_0\tau}{gl}$.

Si le mouvement du piston continue avec la vitesse v_0, la pression, après les temps o, $\frac{2l}{a}$, $\frac{4l}{a}$,... est, près du piston, $\frac{av_0}{g}$, $\frac{3av_0}{g}$, $\frac{5av_0}{g}$... et, près du fond, o, $\frac{2av_0}{g}$, $\frac{4av_0}{g}$,....

La moyenne à l'instant $\frac{2nl}{a}$ est $\left(2n+\frac{1}{2}\right)\frac{av_0}{g}$ correspondant, si n est grand, à ce que donnerait une compression se produisant de façon continue au lieu de se produire par ondes successives.

Si on lance le piston avec une vitesse v_0 et qu'on le lâche, les équations du mouvement, entre les époques

$$o - \frac{2l}{n},\ \frac{2l}{a} - \frac{4l}{a},\ \ldots,\ 2(n-1)\frac{l}{a} - \frac{2nl}{a},$$

seront

$$y_0\frac{dv_1}{dt} + av_1 = o,\quad y_0\frac{dv_2}{dt} + a(2v_1+v_2) = o,\quad y_0\frac{dv_n}{dt} + a\left(2\sum_0^{n-1}v + v_n\right) = o.$$

On les intégrerait successivement en prenant pour valeur initiale de v_n la valeur de v_{n-1} à la fin de la période précédente, les calculs seraient très compliqués.

Si $\frac{2l}{a}$ est très petit et qu'on le prenne comme le temps élémentaire dt, l'équation générale pourra s'écrire sous la forme continue

$$y_0\frac{dv}{dt} + \frac{a^2}{l}\int v\,dt = o,$$

et se résoudra par

$$v = v_0\cos\frac{a}{\sqrt{ly_0}}t \quad\text{et}\quad y = \frac{g}{av_0}\sqrt{\frac{y_0}{l}}\sin\frac{a}{\sqrt{ly_0}}t.$$

Accumulateurs. — Les résultats précédents conduisent directement au cas d'un accumulateur actionnant une presse. Mais l'arrêt brusque de l'écoulement amène dans le liquide une compression initiale $\frac{av_0}{g}$. L'équation de compression devient

$$y_0\frac{dv}{dt} + a\left(v_0 + \int_0^t v\,dt\right) = o,$$

et se résout par

$$v = v_0\sqrt{1+\frac{l}{y_0}}\cos\left[\frac{a}{\sqrt{ly_0}}t\ \text{arc tang}\sqrt{\frac{l}{y_0}}\right];$$

le maximum de la surpression est

$$\frac{av_0}{g}\sqrt{1+\frac{y_0}{l}} \quad\text{ou}\quad \frac{av_0}{g}\sqrt{\frac{y_0}{l}},$$

en négligeant 1 devant $\frac{y_0}{l}$.

Si l'accumulateur est à piston plongeur et si l'on tient compte de la capacité des canalisations et de la presse, a étant supposé le même partout, on est amené à remplacer l par une nouvelle quantité l_1 que l'auteur appelle *longueur virtuelle* et qui est définie par le quotient $\frac{U}{S}$, U étant le volume total du liquide au moment de l'arrêt de l'écoulement et S la section du piston de l'accumulateur. La surpression sera inversement proportionnelle à $\sqrt{l_1}$.

Pare-chocs. — Le pare-chocs est un piston maintenu par des ressorts, se déplaçant dans un cylindre et engendrant par son déplacement un volume proportionnel à la surpression qui agit sur lui. Soit σ sa section et $k\sigma y$ le volume engendré par la surpression y. Si l'on pose $k\sigma = \frac{gS}{a^2}\lambda$, on trouve, si le pare-chocs est associé à un accumulateur, que le mouvement du piston de l'accumulateur, est donné par l'équation

$$\frac{d^2v}{dt^2} + \frac{a^2}{y_0(l_1+\lambda)}v + o,$$

et le maximum de surpression est

$$\frac{av_0}{g}\sqrt{\frac{y_0}{l_1+\lambda}}.$$

Il agit donc comme si la longueur virtuelle de l'accumulateur avait été augmentée de λ.

La surpression est due à l'inertie du piston de l'accumulateur dont le poids par unité de surface est ϖy_0 pour faire équilibre à la pression statique. Il y aura avantage à diminuer ce poids par l'emploi d'une contre-pression aussi constante que possible obtenue avec un fluide très léger. C'est ce qu'on réalise aujourd'hui avec les multiplicateurs à vapeur.

Il y a lieu de remarquer que le mouvement du piston précédemment défini est un mouvement de va et-vient. C'est une véritable oscillation en masse dans laquelle l'eau joue le rôle d'un ressort se comprimant et se détendant en bloc. Il est perceptible à cause des très grandes surpressions auxquelles on arrive, et qui, en pratique, peuvent atteindre et dépasser la pression statique. Son amplitude est cependant très faible, à cause de la faible compressibilité de l'eau qui est à peu près égale à $0{,}5\times10^{-4}$ pour 10 m de hauteur d'eau, malgré les hautes pressions employées qui ne descendent pas au-dessous de 50 kg : cm² et arrivent couramment à 200 et 300 kg : cm².

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 1915, t. CLXI, p. 343.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Note sur la corrosion des tubes des condenseurs par surface alimentés à l'eau de mer

Tous les exploitants de centrales électriques installées au bord de la mer et utilisant l'eau de mer comme eau de circulation dans les condenseurs à surface ont eu de graves ennuis causés par la corrosion des tubes de condenseurs. L'auteur de la note ci-dessous, directeur de l'usine du Cap Pinède de la Compagnie d'Electricité de Marseille, signale tous les accidents qui se sont produits dans les condenseurs de cette usine du fait de la corrosion des tubes sous l'action de l'eau de mer et expose tous les moyens qui furent employés pour y remédier ainsi que les résultats obtenus.

La présente note n'a pas pour but de discuter les raisons ni le mécanisme de la corrosion des tubes de condenseurs par l'eau de mer, mais seulement de faire l'historique des condenseurs par surface de l'usine centrale du Cap Pinède, à Marseille, en indiquant les moyens qui ont, pour chacun d'eux, permis d'enrayer les corrosions gênantes, dans l'espérance d'être utile à ceux qui souffrent des mêmes inconvénients (1).

L'usine du Cap Pinède comprend sept turbo-alternateurs, quatre de 1 800 kw et trois de 6 000 kw.

Les premiers installés furent, à la fin de 1906, les deux groupes de 1 800 kw actuellement numérotés 3 et 4;

Vinrent ensuite les groupes de 1 800 kw numérotés 1 et 2, mis en route peu après, puis successivement, les groupes de 6 000 kw numérotés 5, 6 et 7.

Les modes de protection actuellement employés pour les condenseurs de chacun de ces groupes sont différents, parce que l'expérience a montré que, en adoptant pour une nouvelle machine un dispositif qui avait réussi pour celles déjà en service, le succès n'était nullement assuré, et il a fallu chaque fois apporter des modifications parfois radicales pour enrayer enfin les corrosions.

Ces corrosions exigeaient non seulement des changements fréquents des tubes, mais encore avaient pour conséquence de graves dégradations des turbines et occasionnaient des troubles gênants dans le service, comme il sera précisé plus loin.

Combien il faut varier les moyens de défense, en passant d'un condenseur à l'autre, apparaîtra mieux en faisant séparément l'historique de chaque cas.

I. — **Historique des dispositions prises.** — 1° Groupes 3 et 4. — Ces groupes, les premiers mis en route, ont des condenseurs de 350 m² de surface réfrigérante; les tubes sont en laiton à 70 pour 100 de cuivre, croyons-nous, et étamés. Ils sont maintenus dans les plaques tubulaires par des presse-étoupes.

A la mise en route, il n'y avait aucun dispositif de protection contre les corrosions.

La première perforation fut constatée après quatre mille heures de marche. Ensuite l'action de l'eau de mer se fit sentir de plus en plus, les perforations devinrent de plus en plus fréquentes, rendant absolument nécessaire l'adoption d'un dispositif quelconque de protection.

Le dispositif adopté consiste en sept plaques de zinc fixées sur chacune des plaques tubulaires, soit en tout quatorze plaques rectangulaires de 300 × 150 × 25 mm, dont la surface active totale est de 10 800 cm² (environ 31 cm² par mètre carré de surface condensante).

Cette protection fut efficace; depuis son installation on n'a plus constaté qu'une vingtaine de tubes percés par an.

2° Groupes 1 et 2. — Les condenseurs de ces groupes sont identiques à ceux des précédents. Les perforations constatées dans les deux premiers firent qu'on a placé les mêmes plaques de zinc dans leurs condenseurs avant leur mise en route. Le résultat fut excellent.

Ils ont à l'heure actuelle respectivement 14 000 et 19 000 heures de marche.

Le premier n'a jamais eu un tube perforé.

Le second n'en a eu qu'une dizaine seulement.

3° Groupe 5. — Ce groupe de 6 000 kw a dans son condenseur des tubes de provenance française, à 66 pour 100 de cuivre, nous a-t-on dit, et étamés. Les tubes sont maintenus par des presse-étoupes. Leur surface totale est de 1 200 m². L'expérience des groupes précédents conduisit à installer avant la mise en route une protection ainsi constituée :

Du côté de l'entrée : deux plaques circulaires en zinc de 600 mm de diamètre et 20 mm d'épaisseur.

(1) Rappelons que divers articles se rapportant aux corrosions des condenseurs ont été publiés dans la *Revue générale de l'Electricité*, notamment : Jean Guerner; Les corrosions des surfaces métalliques immergées, causes et remèdes, 3 février 1917, t. I, p. 173 et Ch. Chorower. Etude sur les causes de la corrosion des chaudières à vapeur, 17 novembre 1917, t. II, p. 775.

Digitized by Google

Du côté de la sortie, deux plaques de zinc, elliptiques, de 910 × 450 mm et de 20 mm d'épaisseur également.

La surface totale du zinc était ainsi de 21 712 cm², soit 18 cm² par mètre carré de surface condensante.

Ces plaques sont fixées sur les portes de visite installées sur les coquilles.

Des perforations se produisirent après 2 350 heures de marche.

On ajouta alors de nouvelles plaques de zinc pour augmenter la surface totale du zinc : du côté de l'entrée, deux plaques circulaires de 470 mm de diamètre, et du côté de la sortie, deux plaques circulaires de 350 mm de diamètre, et toutes de 20 mm d'épaisseur comme les premières.

La surface du zinc était ainsi portée à 32 492 cm², soit 27 cm² par mètre carré de surface condensante et les perforations furent immédiatement réduites dans une grande proportion : depuis cette installation, on constate seulement une vingtaine de tubes percés par an.

4° Groupe 6. — Le condenseur de ce groupe est identique au précédent comme dimensions et comme mode de montage des tubes. Ceux-ci étaient de même origine et de même composition que pour le groupe 5. Aussi y plaça-t-on dès le début la protection qui finalement avait réussi à garantir le condenseur du groupe 5, soit du côté de l'entrée quatre plaques circulaires en zinc, de 20 mm d'épaisseur, dont deux de 600 mm de diamètre, et du côté de la sortie, quatre plaques de zinc de 20 mm d'épaisseur, dont deux circulaires de 350 mm de diamètre et deux elliptiques de 910 × 450 mm.

Ce condenseur a aujourd'hui 21 000 heures de marche et n'a eu jusqu'ici qu'une dizaine de tubes percés.

5° Groupe 7. — Le condenseur de ce groupe, analogue à ceux des groupes précédents et de même surface (1 200 m²) avait ses tubes mandrinés dans les plaques tubulaires, au lieu des presse-étoupes employés dans les autres condenseurs. Ces tubes étaient de provenance allemande, en laiton à 70 pour 100 de cuivre et étamés.

Un dispositif de protection était installé par le constructeur.

Il consistait en plaques d'aluminium fixées sur les plaques tubulaires. Ces plaques étaient réunies deux à deux, d'une plaque tubulaire à l'autre, par des connexions en câble isolé passant par l'intérieur des tubes.

Elles avaient les dimensions suivantes :

6	plaques de	280 × 120 × 40 mm
12	id	400 × 200 × 35
3	id	420 × 125 × 35
3	id	520 × 125 × 35
4	id	520 × 180 × 35

soit en tout 28 plaques offrant une surface active de 37 770 cm² (31,4 cm² par mètre carré).

Cette protection, évidemment inspirée au fournisseur par de bons résultats obtenus ailleurs, fut absolument inefficace.

Après 400 heures de marche seulement, on constatait des perforations.

Les plaques d'aluminium furent remplacées par des plaques de zinc disposées sur les portes de visite comme sur les condenseurs des groupes 5 et 6. Les dimensions de ces plaques étaient :

Du côté de l'entrée : 4 plaques circulaires, dont 2 de 600 mm de diamètre et 2 de 500 mm, toutes quatre épaisses de 20 mm.

Du côté de la sortie : 4 plaques circulaires de 500 mm de diamètre et 20 mm d'épaisseur.

La surface totale de zinc était ainsi de 34854 cm² (soit 29 cm² par mètre carré).

Malgré ce changement, les corrosions continuèrent avec une telle rapidité que le groupe fut rendu inutilisable après 1 000 heures de marche, à cause des perturbations produites dans sa marche par l'eau de mer mêlée en grande quantité à l'eau d'alimentation (nous dirons plus loin quelles étaient les conséquences néfastes de cette introduction d'eau de mer).

Un ingénieur spécialiste, délégué par le constructeur du condenseur, attribua ces nombreuses perforations à l'action de courants électriques vagabonds.

Il fit isoler électriquement le condenseur, en interposant des joints isolants sur toutes les brides et leurs boulons, ensuite il fit installer un système de câbles de très forte section destiné à dévier ces courants.

Enfin, il fit mettre des plaques de zinc sur les plaques tubulaires, sur les supports des plaques d'aluminium primitives.

La protection était alors constituée de la façon suivante :

Du côté de l'entrée : 13 plaques rectangulaires de 300 × 150 × 20 mm, et 2 plaques circulaires de 500 mm de diamètre et 20 mm d'épaisseur.

Du côté de la sortie : 16 plaques rectangulaires de 300 × 150 × 20 mm.

Toutes ces plaques furent fixées aux plaques tubulaires. Leur surface totale était de 33 950 cm² (29 cm² par mètre carré).

Malgré toutes ces modifications, les perforations continuèrent avec rapidité et il fallut renoncer à utiliser le groupe pour le service.

On prit alors la décision de remplacer en totalité les tubes par d'autres, de provenance anglaise, au titre de 70 de cuivre, 29 de zinc et d'étain.

Ces tubes n'étaient pas étamés.

Les plaques de zinc furent réinstallées sur les portes de visite et les dispositifs de protection contre les courants vagabonds supprimés. Remis en marche, ce groupe a assuré déjà 10 500 heures de service avec seulement une dizaine de tubes avariés.

II. — **Protection supplémentaire contre l'électrolyse.** — Pour tâcher de supprimer ou tout au moins de diminuer le plus possible la destruction des tubes par électrolyse sur les condenseurs où des corrosions se produisaient malgré l'existence de zinc, nous avons pensé à un moment donné à faire passer un courant de faible tension entre les plaques de zinc et les tubes.

Ce n'est pas là précisément une application du pro-

Digitized by Google

cédé Cumberland, que nous ne connaissions pas encore d'ailleurs au moment où nous avons procédé à cette installation (voir la description de ce procédé dans la *Revue générale de l'Electricité*, n° du 3 février 1917, t. 1, p. 177).

Notre installation est toute primitive; nous avons simplement isolé les plaques de zinc existantes par des rondelles en ébonite et nous avons appliqué un courant fourni par une batterie d'accumulateurs entre ces plaques de zinc et les plaques tubulaires des condenseurs.

Pour déterminer la valeur du courant utilisé, nous avons procédé par tâtonnements. Partant d'une valeur voisine de zéro, nous l'avons augmentée progressivement. Nous avons ainsi constaté que les détériorations passaient par un minimum pour des valeurs variables suivant les condenseurs, mais qui se tiennent entre les limites ci-dessous auxquelles nous nous sommes arrêté : 4 v et 0,3 à 0,75 A. Nous avons mis plus d'une année à déterminer ces valeurs.

Ce procédé est certainement efficace, car nous avons remarqué que, lorsque, pour une raison quelconque, son effet se trouve annihilé à la suite d'un manque d'isolement des plaques de zinc, par exemple) les corrosions redeviennent nombreuses.

En plus de cela, nous prenons la précaution d'enduire souvent de peinture sous-marine spéciale l'intérieur des coquilles des condenseurs.

Bien entendu, nous ne négligeons pas de nettoyer périodiquement ou, pour mieux dire, le plus souvent possible, les plaques de zinc.

L'intérieur des tubes est nettoyé en temps voulu; non pas dans le but de les préserver des corrosions, mais seulement lorsque nous observons, d'après les températures de l'eau, que la transmission de chaleur se fait plus difficilement. En général, nous constatons des corrosions plus nombreuses à la suite d'un lavage, pendant les tout premiers jours de la remise en marche.

III. — **Conséquences de l'addition d'eau de mer à l'eau condensée.** — Les perforations produites par les corrosions dans les tubes de condenseur permettent à un peu d'eau de mer de se mélanger à l'eau condensée. Cette eau de mer introduite dans les chaudières occasionne non seulement une incrustation plus rapide des chaudières, mais surtout donne naissance par décomposition de chlorures à de l'acide qui, mêlé à la vapeur et à l'eau salée entraînée, produit une corrosion rapide des turbines motrices, laquelle, on le verra plus loin, peut avoir des conséquences fort onéreuses.

Pour éviter ces entrées d'eau de mer, nous suivons de près cette question. Toutes les deux ou trois heures, il est vérifié par la voie chimique si l'eau condensée ne renferme pas d'eau de mer. Lorsque des traces sont constatées, le groupe est arrêté le plus tôt possible. On cherche alors le tube avarié et on le supprime.

Mais au moment où le condenseur du septième groupe donnait lieu aux importantes entrées d'eau de mer que nous avons signalées, il n'était pas possible d'éviter qu'une quantité relativement grande fût introduite dans les chaudières. Et, bien que ce groupe n'eût fonctionné que pendant une période d'environ 800 heures avec le faisceau tubulaire en mauvais état, les conséquences furent très graves pour une partie du matériel.

Les chaudières eurent peu à souffrir. Il ne fut rien constaté sur les faisceaux vaporisateurs, ni dans le réservoir supérieur. Ces temps derniers, nous avons cependant relevé des corrosions importantes dans quelques tubes de surchauffeur, auxquelles l'eau de mer pourrait n'avoir pas été étrangère. Il s'agit d'ailleurs de dommages de peu d'importance.

Dans les tuyauteries, nous n'avons rien remarqué d'anormal.

Sur les turbines à aubages en laiton, rien d'anormal non plus.

Sur les turbines à aubages en acier au nickel, les effets furent désastreux.

La turbine du groupe n° 7 fut mise hors de service après 2 000 heures de marche environ; on réussit par un rééquilibrage à la faire fonctionner dans des conditions défectueuses jusqu'à 5 000 heures, mais à ce moment, les aubages durent être remplacés, tant sur les diaphragmes fixes que sur les roues mobiles.

Sur les deux autres turbines qui recevaient de l'eau de mer en quantité beaucoup plus faible, puisque ce n'était guère que pendant le fonctionnement de la troisième, les aubages durent aussi être remplacés, mais après 13 000 et 18 000 heures de marche. Ces importantes réparations eurent l'inconvénient d'immobiliser les groupes pendant de longues périodes. De plus, elles coûtèrent fort cher.

IV. — **Conclusions.** — De tout ce qui précède et qui est le résultat de constantes observations faites pendant une période de dix ans, est-il possible de tirer des conclusions générales et d'indiquer un procédé capable de supprimer ces corrosions?

Nous avons constaté que deux condenseurs (n° 3 et 4) ont fonctionné pendant 4 000 heures sans aucune protection contre les corrosions, avant de subir la première atteinte, tandis qu'un autre condenseur (n° 7) muni de tubes de même composition que ceux des groupes 3 et 4 (70-30 et étamés) et sur lequel avait été installée une protection très complète, ayant fourni ailleurs de bons résultats, donnait lieu à des perforations après 400 heures de marche seulement.

Nous avons vu que de deux condenseurs (n° 5 et 6) munis de tubes de même composition (66-34 et étamés), fabriqués dans le même établissement, mais à un an d'intervalle, et munis d'un système de protection identique, l'un donne lieu à des corrosions, l'autre se comporte bien.

Sur des condenseurs (3 et 4) les corrosions se trouvent diminuées de façon très importante lorsque nous installons des plaques de zinc; sur un autre (n° 7) aucun système de protection ne réussit à enrayer les corrosions; les tubes sont pourtant de même composition que ceux des précédents (70-30 étamés).

Sur ce condenseur (n° 7) où aucun procédé ne réussit,

Digitized by Google

nous changeons complètement le faisceau tubulaire (les nouveaux tubes sont à 70-29-1 non étamés) et les corrosions sont pour ainsi dire nulles.

Enfin nous avons deux condenseurs (n° 1 et 2) munis dès l'origine de plaques de zinc sur lesquels nous ne relevons que quelques perforations sur l'un et pas du tout sur l'autre, après un nombre important d'heures de marche.

Voilà une série de résultats bien divers et même contradictoires, obtenus dans une même usine, sur des installations identiques, sur des condenseurs placés pour ainsi dire côte à côte et prenant l'eau de réfrigération à la même source, et il ne paraît pas possible, pourtant, d'adopter une ligne de conduite bien nette. A plus forte raison, s'il s'agissait d'appliquer un système de protection universel.

Qu'en conclure ? Il y a évidemment un phénomène électrolytique, puisque les plaques de zinc ajoutées ont fini dans tous les cas, jointes au passage d'un léger courant, par assurer une protection relative, mais pratiquement suffisante. Mais l'intensité de ce phénomène de corrosion électrolytique ne dépend pas des dispositions de construction du condenseur, puisque le changement de faisceau permet d'améliorer la situation.

Il faut bien en déduire qu'il y a laiton et laiton et que des tubes de composition centésimale analogue, avec ou sans étamage, sont plus ou moins résistants à la corrosion, ce qui fait pressentir le rôle très important de la structure interne du métal, déjà signalé (*Engineering* du 27 juillet 1917) par M. E. Raymond, ingénieur en chef des Messageries maritimes).

Si l'importance de la structure interne du métal est ainsi rendue responsable en grande partie de la rapidité de la corrosion, rien de net n'a encore été indiqué, relativement au choix de la nature du métal et de son obtention, ce qui serait le plus désirable au point de vue pratique.

En attendant, notre conclusion est que dans chaque cas particulier, même dans une même usine, la question doit être suivie de très près et que, lorsque les procédés divers employés ne réussissent pas à enrayer des corrosions sur un faisceau tubulaire, le mieux est de changer les tubes pour courir la chance d'être plus heureux avec une autre fourniture.

Les frais qui en résultent sont encore moins élevés que ceux qu'entraîne la présence d'eau de mer dans l'eau d'alimentation.

G. Costesèque,
Directeur de l'usine du Cap Pinède de la Compagnie d'Electricité de Marseille.

Revues, analyses et informations

Condensateurs pour circuits de distribution de force motrice.

Les condensateurs ont depuis longtemps été recommandés pour l'amélioration du facteur de puissance des réseaux de distribution de force motrice; ces réseaux ont, pour la plupart, de forts déphasages dus à l'extension de l'emploi des moteurs asynchrones. Il était malheureusement difficile de se procurer des condensateurs industriels assez robustes pour être employés pratiquement sur les réseaux. Les condensateurs étant surtout construits en vue de leur utilisation sur les circuits téléphoniques et télégraphiques restaient jusqu'à présent des appareils fragiles. D'après notre confrère, « Electrician » (1), il n'en serait plus de même aujourd'hui : les constructeurs sont parvenus à fabriquer des condensateurs pouvant être placés sur les circuits d'énergie à basses tensions et, à l'appui de cette assertion, il publie une étude de la fabrication des condensateurs industriels par la British Insulated et Helsby Cables Co, de laquelle nous extrayons les renseignements suivants :

On emploie comme constituant le papier étamé, et la particularité du système est que le papier est étamé d'un seul côté, l'étain formant conducteur et le papier, diélectrique. Ce papier étamé est enroulé ensuite pour former des cylindres constituant les éléments du condensateur.

L'étamage du papier est opéré avec le plus grand soin, on emploie de l'étain précipité chimiquement ou électriquement; ce précipité est lavé à plusieurs reprises pour être débarrassé de toutes traces d'acide, puis tamisé à travers une étamine à très petites mailles de façon à éliminer toutes les grosses particules d'étain. A l'aide d'un produit adhérent sur lequel l'auteur ne donne aucune indication, on fait une mixture de poudre d'étain qui est appliquée mécaniquement sur un seul côté du papier. Après séchage, le papier présente une apparence gris terne et n'est pas conducteur, mais au moyen du calendrage, les petites particules d'étain s'écrasent et l'étain présente ensuite l'aspect brillant et poli du métal; en outre, la pellicule est devenue extrêmement conductrice.

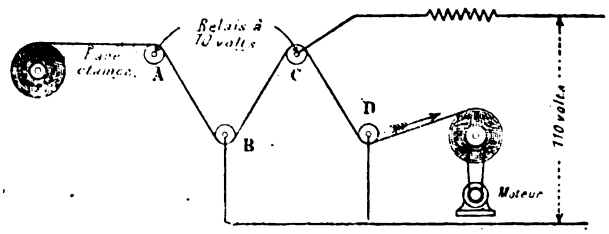


Fig. 1. — Schéma de montage pour l'essai du papier étamé.

Le papier ainsi préparé subit un essai avant d'être envoyé à la fabrication des condensateurs. Cet essai est peut-

(1) *Electrician*, 4 janvier 1918, t. LXXX, p. 530-532, 2400 mots, 8 fig.

Digitized by Google

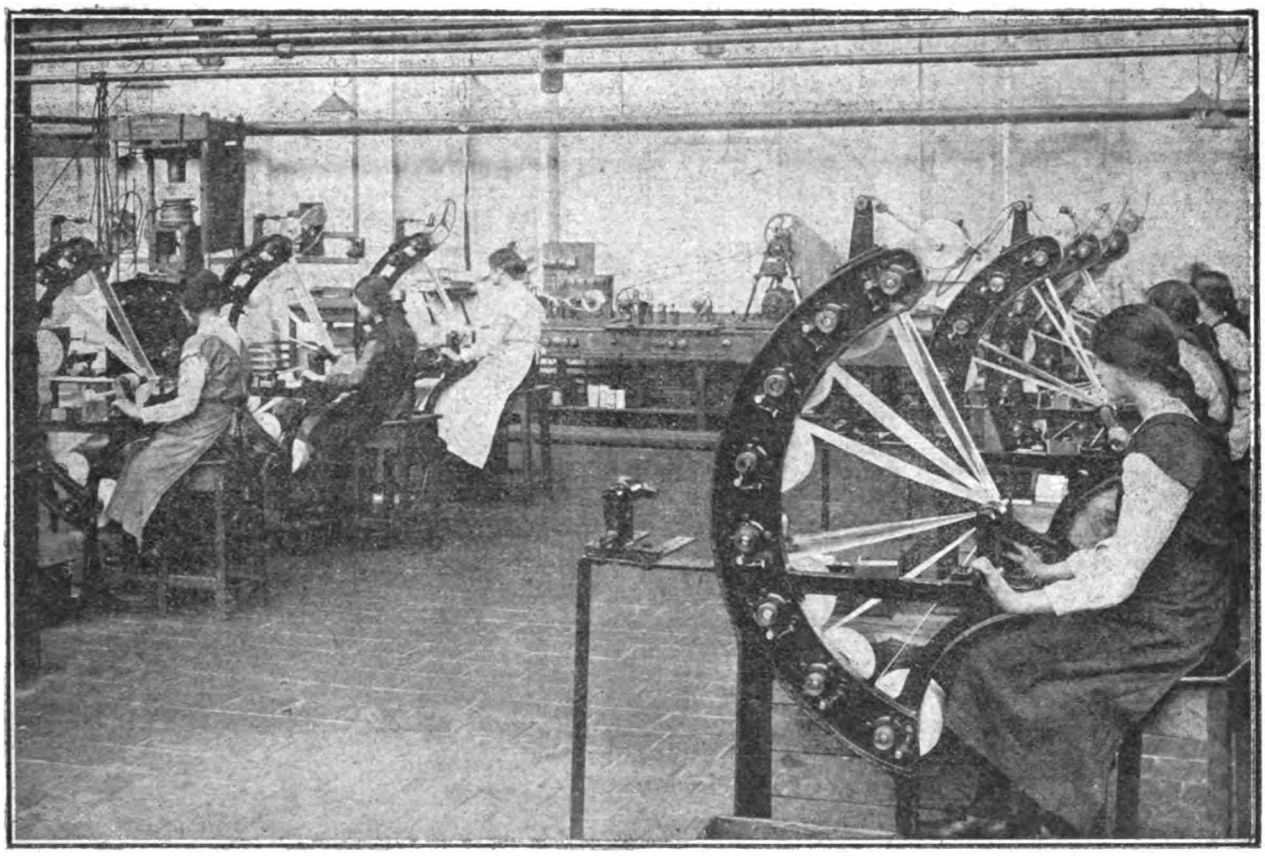


Fig. 2. — Machines à enrouler le papier étamé pour la fabrication des condensateurs.

être ce qu'il y a de plus ingénieux dans toute la fabrication : il a pour but de déceler les défauts qui auraient pu se pro-

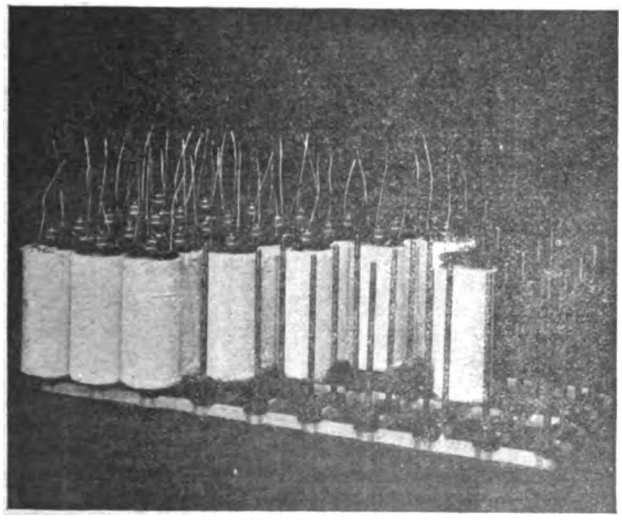


Fig. 3. — Disposition des unités formant le condensateur à l'intérieur de leur boîte.

duire dans le papier pendant le calendrage, si par exemple des particules d'étain avaient crevé le diélectrique. Le dispositif est représenté en figure 1. Le papier passe sur quatre rouleaux métalliques A, B, C, D. Deux de ceux-ci (B et D) sont connectés à un pôle d'un circuit à courant continu 110 v, l'autre pôle étant relié au rouleau intermédiaire C. Si un défaut existe dans le papier, un courant passe et a pour effet de brûler l'étain autour du trou, la bande devient non conductrice à l'endroit du défaut. Il est, en outre, disposé une différence de potentiel de 10 v entre les rouleaux A, C avec un relais en série. Normalement, un courant traverse le relais en passant par l'étain qui est compris entre les rouleaux A et C. Ce relais maintient

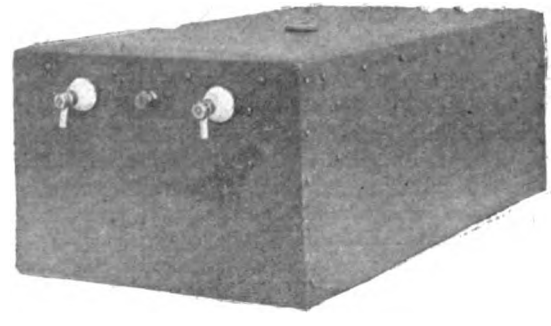


Fig. 4. — Condensateur de 50 microfarads.

fermé le circuit du moteur d'entraînement, mais quand la bande d'étain présente une solution de continuité ou que sa

Digitized by Google

conductibilité tombe au-dessous d'une certaine valeur, le relais opère et arrête le moteur.

Quand le papier étamé a subi l'essai décrit ci-dessus, il est séché et peut alors être employé à la fabrication des condensateurs.

L'épaisseur des diélectriques doit varier avec la tension à laquelle est soumise le condensateur. Dans le type ordinaire qu'on emploie sur des circuits de 660 v, on utilise trois bandes de papier spécial de haute valeur diélectrique avec une électrode, cette électrode consistant en une bande de papier étamé. Pour enrouler ces bandes de papier, il était nécessaire d'employer une machine spéciale afin d'obtenir une tension de papier égale partout. La figure 2 montre cette machine dont l'armature a la forme d'un arc de cercle, l'enroulement du papier se faisant sur un axe placé au centre de l'arc. Un compteur montre à l'opérateur quand il y a suffisamment de papier enroulé pour la capacité demandée.

Après l'enroulement, les unités sont séchées pendant quelques jours à la pression atmosphérique et ensuite

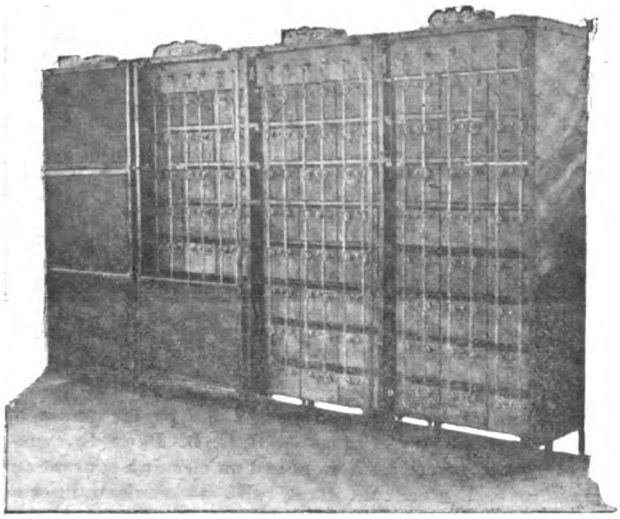


Fig. 5. — Batterie de 1 200 microfarads.

pendant quelques heures dans le vide. Elles sont ensuite imprégnées. Dans les condensateurs qui nous occupent on n'emploie pas la cire ou la paraffine comme dans les condensateurs de téléphones : on se sert d'huile passant dans des récipients où l'on fait le vide. L'imprégnation dure plusieurs jours.

L'unité normale fabriquée par le procédé que nous venons d'indiquer a une capacité de 1 microfarad et on dispose 50 de ces unités dans une boîte. La figure 3 montre la disposition affectée par les unités dans leur boîte, le condensateur complètement terminé est figuré en 4. La boîte est métallique et absolument hermétique, les unités sont complètement à l'abri et il ne sort de cette boîte que deux bornes soigneusement établies pour former joint à l'huile contenue dans la boîte. La tension normale de fonctionnement de ces condensateurs est 600 ou 660 v et avant que le couvercle soit placé, les unités sont essayées à 2 800 v ; quand le condensateur est complètement terminé, il est soumis à une tension de 750 v pendant huit heures. L'expérience a montré que les premières unités fabriquées ont tenu un service continu pendant plus de trois ans.

Les grands condensateurs sont constitués par des batteries de condensateurs du type décrit, disposées comme le montre la figure 5. Une résistance de 5 000 ohms environ avec une ou plusieurs lampes en série est connectée entre les

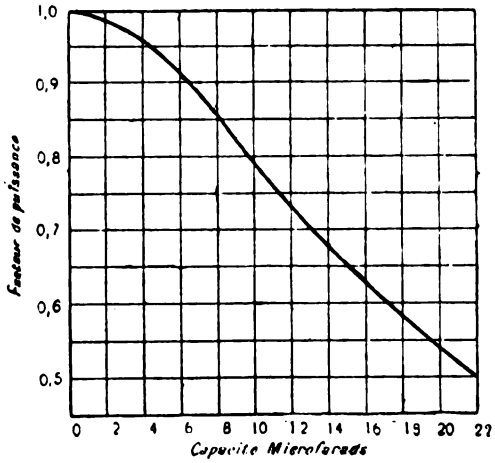


Fig. 6. — Capacité nécessaire pour relever jusqu'à l'unité le facteur de puissance pour une charge de 1 kw sur un circuit à 5 500 v, 50 p : sec.

bornes de ce grand condensateur pour montrer quand il est en fonctionnement et aussi pour agir comme circuit de sécurité.

Les avantages des condensateurs sont nombreux : d'abord ils présentent sur les autres appareils employés pour relever le facteur de puissance celui de n'avoir aucune partie en mouvement et de ne nécessiter qu'une dépense négligeable d'entretien ; de plus, les pertes sont très petites dans les condensateurs, 0,3 pour 100 ; en outre, on a la faculté de pouvoir distribuer les capacités dans le réseau, de façon à les appliquer près des points de bas facteurs de puissance, comme cela est désirable.

Toutefois, si on cherche à évaluer le coût par kilovolt-

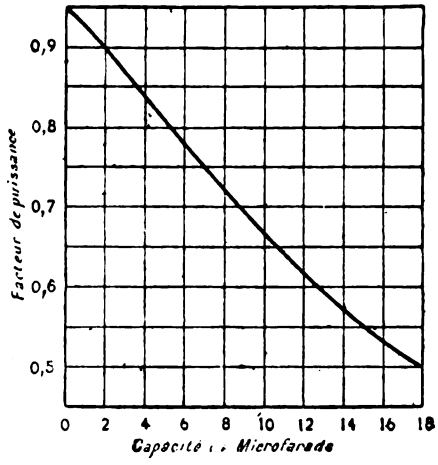


Fig. 7. — Capacité nécessaire pour relever jusqu'à 0,95 le facteur de puissance pour une charge de 1 kw sur un circuit à 550 v, 50 p : sec.

ampère débité par la ligne, on voit que le condensateur est désavantageux dans certains cas : la fréquence étant fixée, la capacité nécessaire pour que le réseau débite une quantité définie de kilovolts-ampères varie inversement au carré de

Digitized by Google

la tension ; par conséquent, si la tension maximum de travail d'une unité de condensateur est 660 v, le coût par kilovolt-ampère sera minimum pour cette tension et croîtra rapidement pour les tensions inférieures.

Pour la tension de 660 v le coût par kilovolt-ampère à 50 p : sec est d'environ 37 fr 50 (1 livre 10 shellings), le prix des condensateurs Ilelsby formés de boîtes normales de 50 μF étant d'environ 5 fr par microfarad.

Dans le cas de circuits à tensions inférieures à 660 v, il est économique d'employer une inductance en série avec le condensateur, l'adjonction de cette inductance augmentant la tension aux bornes du condensateur pour une tension fixe du réseau. L'inductance est supposée avoir une résistance négligeable. On la choisit de façon que la tension aux bornes du condensateur soit amenée à une valeur de 500 à 600 v. La capacité pourra alors être notablement réduite tout en obtenant la même correction du facteur de puissance. Cette réduction de capacité correspond évidemment à une économie sur le prix du condensateur.

La figure 6 montre quelle est la capacité nécessaire sur un circuit à 550 v, 50 p : sec pour porter le facteur de puissance à l'unité pour une charge de 1 kw. On remarquera aisément sur cette figure que le facteur de puissance est plus difficile à corriger au-dessus de 0,95 qu'au-dessous de cette valeur ; la ligne est loin d'être une droite, elle s'incurve en effet entre 0,9 et 1. Il est par suite souvent économique de se contenter de corriger à 0,95, la figure 7 s'applique à ce dernier cas. En la comparant à la courbe 6 pour un même déphasage de réseau, on voit immédiatement que les capacités requises sont fort différentes suivant qu'on cherche à ramener le facteur de puissance à 1 ou qu'on se contente de 0,95. La différence est dans l'ordre du simple au double pour les déphasages des réseaux normaux que l'on rencontre actuellement.

Bc.

La marche en parallèle des alternateurs. — Détermination de la vitesse de résonance correspondant à un volant donné ou inversement.

Les communications sur ce sujet deviennent bien rares ; c'est que le problème à peine posé a reçu tout de suite une solution théorique et pratique presque complète ; il ne reste à traiter que des questions de détail, comme celle que vient de résoudre M. William Knigth (1), qui propose un réseau de courbes permettant de déduire, en fonction du volant, la vitesse pour laquelle il y a résonance entre les oscillations d'un alternateur et les impulsions motrices de la machine primaire qui le commande ; ce qui permettra, pour un groupe donné, de se placer loin de ces conditions défavorables à une bonne marche en parallèle avec d'autres groupes.

I. Généralités. — Lorsqu'une machine synchrone est en avance ou en retard sur une autre avec laquelle elle est couplée et qui tourne d'un mouvement uniforme, il se développe un couple proportionnel à leur déplacement relatif qui tend à ralentir ou à accélérer le rotor à vitesse variable. Il circule alors, entre les machines couplées, un courant que les électriciens désignent sous le nom de courant synchronisant. Les limites admises, pour le déplacement relatif, sont ± 2,5 degrés électriques. (Si θ est l'écart angulaire entre le moteur primaire et un moteur idéal dont la manivelle tournerait à vitesse constante, l'écart électrique θ′ est égal à $p\theta$, p étant le nombre de paires de pôles de l'alternateur.)

Les mêmes phénomènes se produisent si la machine primaire augmente ou diminue de vitesse.

Ainsi le rotor a une tendance à osciller de part et d'autre de sa position moyenne lorsque ses conditions viennent à être modifiées temporairement ; par exemple, lorsqu'on le couple en parallèle avec d'autres machines avant d'avoir rigoureusement réalisé le synchronisme ou lorsque sa charge est brusquement altérée.

Ces oscillations sont des oscillations libres. S'il ne s'en superpose pas d'autres synchrones (ou à peu près), elles ne sont pas une cause de trouble pour des machines de construction normale travaillant en parallèle. D'un autre côté, le rotor est aussi soumis à des oscillations forcées émanant du moteur primaire.

Si les périodes des deux systèmes d'oscillations sont les mêmes ou à peu près, la marche en parallèle devient impossible ; il y a « pompage », sauf le cas où les oscillations libres sont amorties.

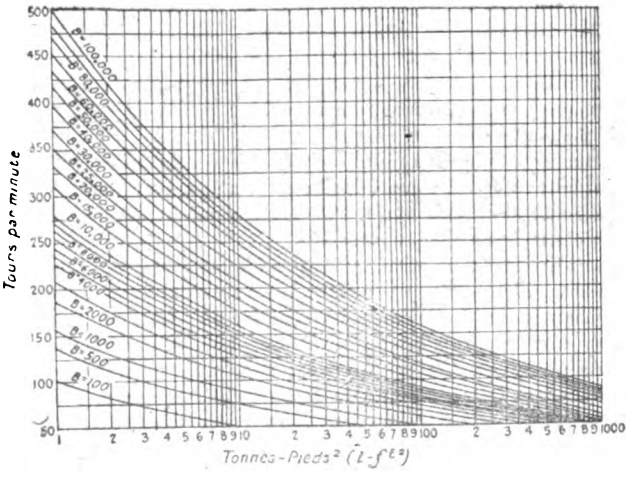


Fig. 1. — Vitesses en tours par minute correspondant à la résonance entre un alternateur et son moteur, pour différentes valeurs du moment d'inertie du rotor.

Dans les moteurs à vapeur, les variations de pression de la vapeur sur le piston (variation des efforts tangentiels) ou les variations de pression ayant leur origine dans les organes alternatifs produisent des impulsions dont la période correspond à un demi-tour du moteur primaire ; tandis que les impulsions, dont la période est égale à celle du cycle du moteur, sont dues : *a*) à une distribution inégale de la vapeur aux deux extrémités du cylindre ; *b*) au poids des organes alternatifs ; *c*) ou enfin, à une différence de pression provenant d'un déphasage entre les courses aller et retour des organes alternatifs. Ces observations sont vraies pour tous les moteurs à vapeur et les moteurs à gaz à deux temps, quel que soit le nombre de manivelles ou de pistons travaillant sur le même arbre. Dans les moteurs à gaz à quatre temps, il y a une impulsion pour 2 tours.

Influence des oscillations libres et des oscillations forcées sur les variations de la phase. — Dans une machine à vapeur à une manivelle, mais à double effet, la vapeur est admise deux fois par tour. La variation de vitesse consécutive à ce couple de rotation irrégulier réagit comme une

(1) W. Knigth. *Electrical World*, 15 septembre 1917, t. LXX, p. 517-519.

Digitized by Google

impulsion périodique dont la durée en secondes est $t = \frac{60}{2N}$, où N représente le nombre de tours par minute. Avec deux manivelles calées à 90°, il se produit quatre oscillations par tour, d une durée $t = \frac{60}{4N}$ secondes; avec trois manivelles à 120°, $t = \frac{60}{6N}$. Si t, pour une machine quelconque, est sensiblement égal à la durée d'une oscillation libre, il y a résonance et le déphasage va en croissant jusqu'à ce que l'alternateur tombe hors de phase, ou, comme on dit plus brièvement, se décroche.

Les positions relatives des manivelles de deux moteurs primaires fournissant la force motrice à un même réseau ont donc une certaine influence pour la production des oscillations.

Supposons le cas de deux machines à une manivelle à double effet commandant deux alternateurs couplés en parallèle; quand l'une des manivelles est dans la position correspondant à la vitesse maximum, l'autre est dans la position de vitesse minimum; il en résulte une variation périodique de la différence de phase des deux alternateurs. Dans les machines à très faible vitesse, on évitera les perturbations dues au pompage, en réglant les soupapes de façon à produire le même travail dans tous les cylindres et en synchronisant les manivelles.

Avec les machines à grande vitesse, la synchronisation des manivelles n'est pas aussi facile en pratique; cependant, on s'efforcera d'obtenir un synchronisme mécanique et électrique aussi parfait que possible.

Le régulateur du moteur est parfois aussi une source de troubles. S'il est trop sensible, les irrégularités de vitesse provoquent un mouvement oscillatoire des boules et, par suite, une amplification de la vitesse pendulaire du moteur: il y a pompage. On corrige cet effet de la sensibilité en amortissant le régulateur de façon qu'il reste insensible à ces variations de vitesse consécutives aux variations angulaires de la manivelle.

Le degré d'isochronisme ou le champ d'action d'un régulateur est la différence entre les vitesses correspondant aux pressions maximum et minimum de la vapeur (à vide et à pleine charge); il varie entre 3 et 6 pour 100 de la vitesse à vide, suivant le type de régulateur. Il faut un haut degré d'isochronisme si l'on ne considère que la marche en parallèle, mais il se produit alors un trop grand écart entre les vitesses à vide et en charge. Pour cet accessoire, il y a donc un juste milieu à conserver.

Des considérations précédentes il se dégage cette conclusion que, pour un bon fonctionnement en parallèle, il faut prévoir un volant satisfaisant aux deux conditions suivantes: il doit limiter les variations périodiques de la vitesse de telle façon que l'écart angulaire ne dépasse pas $\pm$ 2,5° électriques; il doit avoir une fréquence propre qui soit au moins de 25 pour 100 au-dessus ou au-dessous de la fréquence des impulsions de la machine.

II. — Calcul de la période des oscillations libres. — Les oscillations libres d'un alternateur peuvent être comparées au mouvement pendulaire d'un anneau relié, au moyen de ressorts, à un axe passant par son centre. L'anneau, écarté momentanément de sa position d'équilibre, puis abandonné à lui-même, exécute une série d'oscillations de part et d'autre de cette position d'équilibre sous l'action des ressorts. Si la force déviante est appliquée périodiquement et produit une oscillation synchrone avec la période propre des ressorts, il y a résonance; l'amplitude des oscillations ira en croissant suivant une loi exponentielle, à moins que le mouvement ne soit amorti par la viscosité du milieu. Le mouvement d'un point quelconque de l'anneau sera une fonction harmonique simple du temps et on peut lui appliquer toutes les formules du pendule. La durée d'une oscillation libre complète sera donc

$$(1) \qquad t = 2\pi \sqrt{\frac{\Sigma m r^2}{C_1}},$$

où $\Sigma m r^2$ représente le moment d'inertie du rotor et du volant; C_1 le couple de rappel ou couple synchronisant correspondant à un écart égal à l'unité d'angle. M. Boucherot a montré que cette formule pouvait s'écrire (1).

$$t = 2\pi \frac{N}{60} \sqrt{2\pi} \sqrt{\frac{\Sigma m r^2}{W \cdot \frac{I_0}{I} f}}.$$

N désigne le nombre de tours par minutes; W, la puissance de l'alternateur en kilowatts; f, sa fréquence; $\frac{I_0}{I}$, le rapport du courant de court-circuit au courant normal. Pour avoir la valeur de t dans le système mètre-kilogramme-seconde, il faut exprimer $\Sigma m r^2$ en kilogrammètres carrés; W, en kilogrammètres, soit $\frac{1000 \times W}{9,81} = 102$ w. On a alors

$$t = \frac{2\pi}{60\sqrt{102}} N \sqrt{2\pi} \sqrt{\frac{\Sigma m r^2}{W \cdot \frac{I_0}{I} \cdot f}}$$

$$= 0,01037\, N \sqrt{2\pi} \sqrt{\frac{\Sigma m r^2}{W \cdot \frac{I_0}{I} \cdot f}}.$$

Dans le système anglais, Pied-Livre-Seconde (ft-lb-sec), la valeur de t est

$$(2) \qquad t = 0,00209\, N \sqrt{2\pi} \sqrt{\frac{\Sigma m r^2}{W \cdot \frac{I_0}{I} \cdot f}},$$

formule dans laquelle $\Sigma m r^2$ est exprimé en livres-pied² (lb-ft²); les autres lettres conservent les mêmes valeurs que dans la formule (1). Pour déduire (2) de (1), il suffit de remarquer que les lb-ft² se déduisent des kg-m² en multipliant ceux-ci par $\frac{1}{0,4535 \times 0,09}$; on rend donc les valeurs de t $\sqrt{\frac{1}{0,4535 \times 0,09}}$ fois trop grande; il faut donc multiplier le coefficient numérique de (2) par $\sqrt{0,4535 \times 0,09} = 0,202$ pour que t reste le même.

Appelons n le nombre d'impulsions par tour du moteur primaire; F et F', les fréquences des oscillations libres et

(1) *La Lumière électrique*, 30 juillet et 3 août 1892, p. 201 et 260. Cette formule est reproduite dans le *Cours d'électrotechnique appliquée*, édition 1904, p. 740, de A. Mauduit. L'auteur de l'article ci-dessus a supprimé le facteur $\sqrt{2\pi}$, sans en donner aucune raison; en appliquant sa formule à des alternateurs dont la vitesse est connue, on trouve des valeurs de t près 3 fois trop faibles. Le coefficient numérique, à part $\sqrt{2\pi}$, est aussi faible, soit 0,0083 au lieu de 0,01037 que nous avons calculé.

Digitized by Google

des oscillations forcées respectivement. Il y a résonance et par conséquent, impossibilité pour la marche en parallèle, quand $F = F'$; or $F' = \frac{nN}{60}$.

D'où l'égalité

$$\frac{478}{N\sqrt{2\pi}}\sqrt{\frac{W.\frac{I_0}{I}.f}{\Sigma mr^2}} = \frac{nN}{60},$$

dans le système ft.lb.sec.

On peut en tirer le nombre de tours critiques N pour un volant donné Σmr^2, ou réciproquement tirer la valeur critique de Σmr^2 pour N donné. Il faudra se placer alors loin de ces conditions pour assurer une bonne marche au groupe.

$$N\,(\text{critique}) = \frac{167}{\sqrt[4]{2\pi}}\sqrt[4]{\frac{W\times\frac{I_0}{I}.f}{n^2\Sigma mr^2}}$$

$$\Sigma mr^2\,(\text{critique}) = \frac{12{,}23\times 10^8}{2\pi}\times\frac{W.\frac{I_0}{I}.f}{n^2N^4}.$$

Posons, pour abréger

$$B = \frac{W.\frac{I_0}{I}.f}{n^2},$$

et exprimons Σmr^2 en tonnes-pieds^2 (t-ft^2); ici l'auteur emploie la petite tonne (short ton) qui vaut 907 kg ou 2 000 lb. Comme on rend N ainsi $\sqrt[4]{2\,000} = 6{,}7$ fois trop grand, il faut diviser par 6,7; tous calculs faits, on a

$$(3)\qquad N\,(\text{critique}) = \frac{23{,}3}{\sqrt[4]{2\pi}}\sqrt{\frac{B_m}{t\text{-}ft^2}} = 16\sqrt{\frac{B_m}{t\text{-}ft^2}}.$$

On divisera par 2 000 le coefficient de Σmr^2 pour avoir sa valeur en t-ft^2, ou

$$(4)\qquad t\text{-}ft^2\,(\text{critique}) = \frac{611\,500}{2\pi}\frac{B}{N^4} = 97\,372\times\frac{B}{N^4}.$$

La meilleure manière d'utiliser les formules (3) et (4) consiste à construire des courbes donnant, par exemple, la valeur de la vitesse critique en fonction du volant ou réciproquement; c'est ce que représentent les abaques de la figure 1. Pour un B déterminé, on calcule les valeurs de N critique quand PD^2 varie de 1 à 1 000 tonnes-pieds^2; les valeurs de B sont échelonnées entre 100 et 100 000. Il est bien entendu, par suite de la divergence qui existe entre les coefficients de l'auteur et les nôtres, que les N seront divisés par $\sqrt[4]{2\pi} = 1{,}58$ et les Σmr^2 par $2\pi = 6{,}28$. Enfin si les moments d'inertie sont donnés en tonnes-mètres^2, on les convertira en t-ft^2 en les multipliant par $\frac{1\,000}{907\times 0{,}09}$ ou avec une approximation suffisante par $\frac{1\,000}{90{,}7} = 11{,}02$ et, réciproquement, on passera des t-ft^2 aux tonnes-mètres^2 en multipliant les premières par $\frac{9{,}07}{1\,000} = 0{,}0907$.

Application. — Dans son ouvrage « La technique des courants alternatifs » (1905), M. Sartori traite le cas suivant. $W = 265$ k-w; $\frac{I_0}{I} = 4$; $\Sigma mr^2 = 7{,}100$ t : m^2; $N = 105$; $2\pi f = 264$; $f = 42$ p : sec; $n = 2$.

Avec notre formule, on trouve pour la période de l'oscillation de l'alternateur $\frac{1\,090}{1\,000}$ au lieu de $\frac{976}{1\,000}$ sec, indiqué par M. Sartori; c'est que ce dernier a introduit sous le radical le facteur de puissance $\cos\varphi = 0{,}8$ qui est supposé égal à 1 dans la formule de M. Boucherot. La période des oscillations forcées est $\frac{60}{2\times 150} = \frac{276}{1\,000}$ sec. Les coefficients de l'auteur abaissent la période de l'alternateur à $\frac{348}{1\,000}$ sec, c'est-à-dire que nous conclurions, de ses calculs, que le groupe considéré est bien près des conditions de résonance.

Pour un PD^2 égal à $7{,}1\times 11{,}02 = 78{,}24$ t-ft^2, on aurait comme vitesse critique, d'après la courbe, 98 t : min environ; or la vitesse normale est 105 t : min; mais en divisant 98 par $\sqrt[4]{2\pi} = 1{,}58$, on trouve N (critique) $= 92$ t : min. Le groupe est donc effectivement loin des conditions de résonance.

Avec ces quelques corrections, les courbes ci-dessus sont encore susceptibles de rendre des services. D'autre part, l'idée de l'auteur est assez ingénieuse et mérite une mise au point.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de n correspondant aux nombres d'impulsions motrices de la machine primaire sur le rotor.

Moteur à gaz à 4 temps à simple effet, 1 cylindre	0,5
Moteur à gaz à 4 temps à simple effet, 2 cylindres	1
Moteur à gaz à 4 temps à simple effet, 4 cylindres	2
Moteur à gaz à 4 temps à simple effet, 6 cylindres	3
Moteur à gaz à 4 temps à double effet et moteur à deux temps, 1 cylindre	1
Moteur à gaz à 4 temps à double effet et moteur à deux temps, 2 cylindres	2
Moteur à gaz à 4 temps à double effet et moteur à deux temps, 4 cylindres	4
Moteur à vapeur à double effet, 1 manivelle	2
Moteur à vapeur à double effet, 2 manivelles	4
Moteur à vapeur à double effet, 3 manivelles	6

Ces valeurs de n s'appliquent aux conditions normales de fonctionnement; si l'un des cylindres d'un moteur à gaz, par exemple, fait défaut, on prendra pour n la valeur indiquée pour un cylindre. Avec une machine à vapeur dont la valve est mal réglée, on adoptera $n = 1$; de même, pour une turbine à vapeur, on a toujours $n = 1$. En aucun cas la vitesse ne doit être de plus de 25 pour 100 au-dessus ou au dessous de la vitesse critique.

Cas de plusieurs alternateurs. — On doit à Franklin Punga une formule très simple pour le calcul de la période d'oscillations de q alternateurs marchant en parallèle, soit à la même vitesse, soit à des vitesses différentes. Elle est très utile aux constructeurs et aux ingénieurs. De la formule (1) on déduit le nombre n' d'oscillations libres

$$n' = \frac{1}{t} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{C}{\Sigma mr^2}}$$

et on pose

$$\frac{1}{C} = Y \quad\text{et}\quad \frac{1}{\Sigma mr^2} = J;$$

Digitized by Google

d'où n' (pour les q alternateurs)

$$= \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{J_1 + J_2 + \ldots + J_q}{Y_1 + Y_2 + \ldots + Y_q}}.$$

Les valeurs de J et Y sont ramenées toutes à la même vitesse normale. Si l'alternateur 1 avait un moment d'inertie $\Sigma m r_1^2$, un couple synchronisant C_1 et une vitesse N_1, et qu'on voulût avoir des valeurs de J_1 et Y_1 correspondant à la vitesse N, il faudrait d'abord multiplier $\Sigma m r_1^2$ et C_1 par $\left(\frac{N_1}{N}\right)^2$, c'est-à-dire que dans la formule on introduirait

$$J_1 = \frac{1}{\Sigma m r_1^2} \times \left(\frac{N}{N_1}\right)^2 \quad \text{et} \quad Y = \frac{1}{C_1}\left(\frac{N}{N_1}\right)^2.$$

M. Punga est encore arrivé à cette conclusion que, si la valeur effective du moment d'inertie d'un alternateur est au-dessous de la valeur critique, on s'approche de la résonance en abaissant la tension; mais si le moment d'inertie vrai est plus grand que le moment d'inertie critique, on s'approche de la résonance en abaissant la vitesse. Pour se placer exactement dans les conditions de résonance, le mieux est de changer la tension en réduisant la vitesse; mais en général, la vibration à la résonance a une amplitude trop forte; on peut parer à cet inconvénient en maintenant la tension à 5 pour 100 au-dessus et au-dessous de la tension critique, où les amplitudes ont une valeur encore suffisante. De cette manière on obtient expérimentalement la valeur critique du PD^2 relatif à un alternateur donné.

Remarque. — Ce sujet aurait pu être traité avec beaucoup plus de concision; mais nous avons saisi cette occasion pour montrer l'intérêt qu'il y aurait, d'une part, à adopter une notation uniforme, ce qui faciliterait la comparaison des formules; d'autre part, à n'employer exclusivement qu'un seul et même système de mesures, le système français, par exemple, puisque c'est lui qui a, jusqu'ici, rallié le plus de suffrages et qui est le plus cohérent. Chaque fois que l'on est amené à opérer une conversion, on n'est jamais sûr de n'avoir pas commis une erreur.

B. C.

Nouveau distributeur électrique permettant de remplacer le collecteur ou commutateur dans les machines électriques existantes et de solutionner un certain nombre de nouveaux problèmes électriques.

Ce nouveau distributeur, dû à l'invention de M. J. Pestarini, fait l'objet du brevet français n° 483 168. Il permet, comme nous le verrons plus loin, de solutionner certains problèmes électriques fort intéressants; par exemple, la construction de commutatrices statiques transformant du courant alternatif en courant continu ou inversement; de transformateurs statiques de courant continu à une tension donnée en courant à une tension différente.

Principe. — Le distributeur dont il s'agit est constitué par un ensemble d'inverseurs dont le nombre est égal à celui des sections comprises dans l'enroulement relié au distributeur. Il a pour effet d'inverser le courant dans la section correspondante, à l'instant propice, tout en reliant entre elles les sections de l'enroulement suivant une règle déterminée. L'enroulement relié au distributeur peut être fixe ou mobile; dans ce dernier cas, les extrémités de chaque section sont reliées à des anneaux collecteurs munis de balais, connectés à leur tour au distributeur, à moins que ce dernier ne soit calé directement sur l'arbre même qui porte l'enroulement; les connexions sont alors faites directement.

Le distributeur peut être oscillant ou rotatif, la période des oscillations ou des révolutions est déterminée pour chaque type et chaque régime de machine. Les oscillations de chaque inverseur du distributeur sont produites soit mécaniquement, soit par des électro-aimants alternativement excités ou non. Le distributeur rotatif est composé d'une série d'inverseurs à anneaux avec surfaces conductrices et successivement isolantes sur lesquelles frottent des balais.

On réalise ainsi, le long d'un secteur, une connexion donnée dans la section correspondante et, le long du secteur suivant, la connexion en sens inverse. Le distributeur peut être commandé par la machine même, soit directement, soit par une transmission, ou bien être indépendant et actionné par un petit moteur auxiliaire tournant à une vitesse déterminée. Les balais frotteurs peuvent être subdivisés en plusieurs parties avec résistance, intercalée de telle sorte qu'on ne mette jamais en court-circuit la section qui commute et qu'on n'interrompe pas le courant principal à cause de la section en commutation. On peut remplacer la résistance par une self-inductance, une capacité ou encore par une phase d'un petit alternateur auxiliaire avec épanouissements polaires suffisamment étroits pour créer la force électromotrice favorable à la commutation dans la seule phase connectée à la section en commutation à ce moment,

Le distributeur peut être subdivisé en autant de groupes qu'il y a de pôles dans l'enroulement relié à ce distributeur. Les inverseurs des sections d un même pôle sont reliés en série et constituent des groupes indépendants puisqu'il n'y a pas de liaison entre les sections dans l'enroulement. Aux bornes des différents groupes d'inverseurs, il y a des différences de forces électromotrices identiques à un moment donné; on pourra donc connecter ces groupes entre eux comme autant de machines séparées et obtenir autant de régimes qu'il y a de combinaisons pour les mettre en série ou en parallèle.

La figure 1 représente un moteur générateur série avec un distributeur rotatif. On a figuré un seul cadre pour simplifier le schéma, mais il peut y avoir autant de sections et autant d'inverseurs qu'il y en a dans un induit ordinaire. Le distributeur est supposé entraîné par un couple d'engrenage, mais il peut être porté par l'arbre même de la machine ou bien être entraîné par un moteur séparé. L'induit peut être fixe, tout en restant connecté au distributeur, l'inducteur sera alors mobile. Dans le champ de l'inducteur 1 tourne une seule section 2, aboutissant aux anneaux 3 et 4, d'où le courant est conduit au distributeur constitué par un seul inverseur comprenant les secteurs 16, 16', 17, 17'. Les contacts 10 et 11 sont dédoublés en 10' et 10", 11' et 11" entre lesquels sont insérés les résistances 13 et 14. Lors du passage des secteurs 16 aux secteurs 17 ou inversement, la section se trouve fermée sur les résistances 13 et 14 et, de plus, le courant principal n'est pas interrompu.

Applications du dispositif. — 1° *Commutatrice statique de courant alternatif en courant continu ou inversement* — Sur une carcasse magnétique feuilletée sont bobinés deux enroulements, l'un triphasé, par exemple, bobiné comme celui des moteurs asynchrones, l'autre à tambour, comme

Digitized by Google

celui d'une machine à courant continu. Les sections de ce

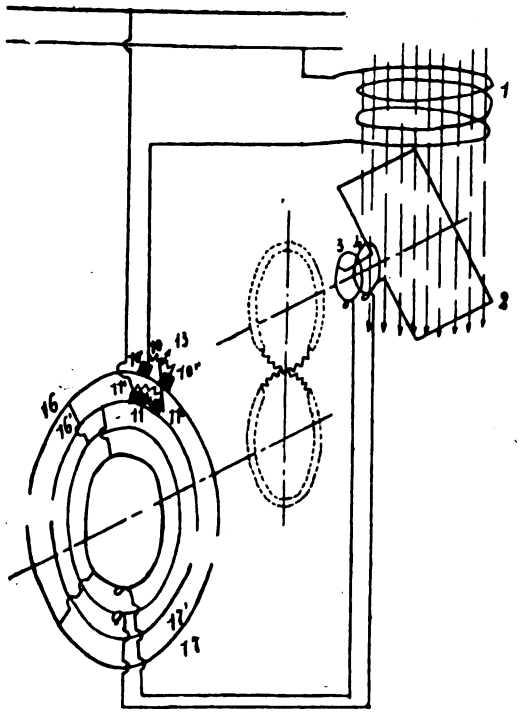


Fig. 1. — Moteur générateur série avec distributeur rotatif.

dernier enroulement sont reliées à un distributeur rotatif entraîné par un petit moteur séparé (fig. 2). On obtiendra aux bornes 5 et 6 du courant continu, si la vitesse de ce

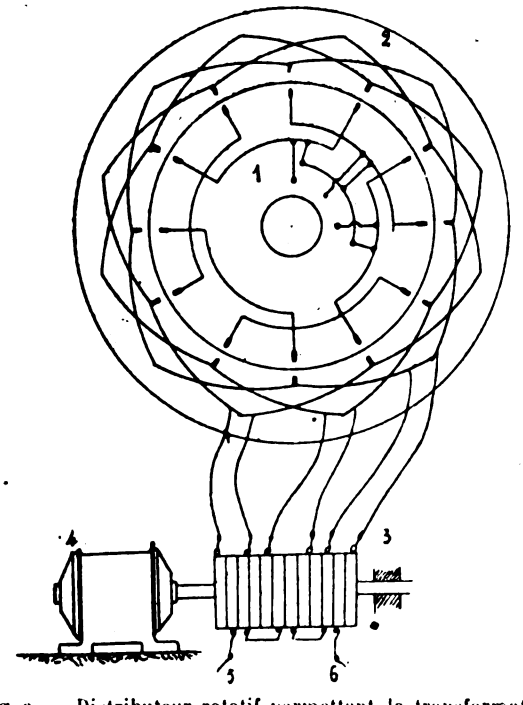


Fig. 2. — Distributeur rotatif permettant la transformation de courant alternatif en courant continu ou inversement.

moteur est celle du synchronisme par rapport au courant alternatif; si sa vitesse est plus grande ou plus faible, on obtiendra aux mêmes bornes du courant alternatif à des fréquences différentes. Le même dispositif peut servir de compensateur de phase dans les réseaux.

2° *Moteur à plusieurs régimes.* — En appliquant ce principe aux moteurs à courant continu ou alternatif, on peut obtenir des démarrages sans rhéostat, en combinant en série ou en parallèle les divers inverseurs du distributeur.

3° *Transformateur statique de courant continu en courant continu de tension différente.* — Deux enroulements par courant continu, fixes l'un par rapport à l'autre, du même pas, bobinés sur le même circuit magnétique feuilleté, sont réunis chacun (fig. 3) à un distributeur rotatif

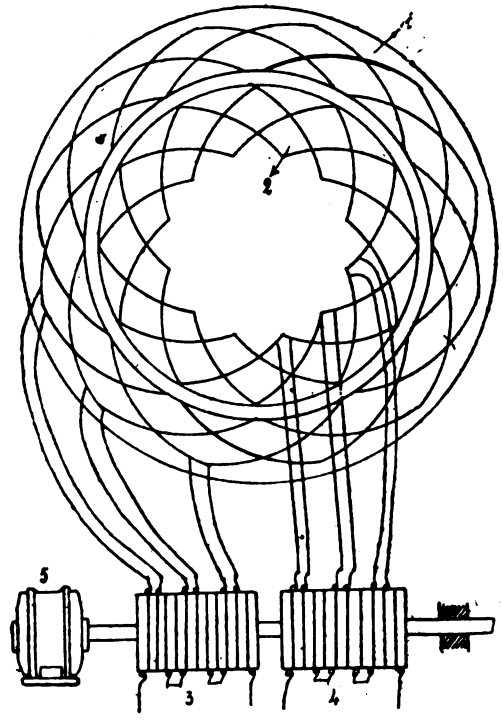


Fig. 3. — Distributeur rotatif permettant la transformation d'un courant continu en un autre de tension différente.

par exemple. Les deux distributeurs sont fixés sur le même arbre et entraînés par un petit moteur indépendant. L'enroulement primaire créera un champ tournant induisant une force électromotrice dans le second enroulement qui, grâce à son distributeur, reproduira du courant continu à une tension dans le rapport du nombre des spires des deux enroulements. Grâce à la subdivision du distributeur, on obtiendra toute une gamme de tensions à volonté.

4° *Moteur à cage d'écureuil.* — L'enroulement du stator est relié au distributeur. Ce dernier est actionné par un moteur à vitesse variable. Si le distributeur tourne lentement, le moteur à cage pourra démarrer lentement avec un couple puissant. Il accélérera en même temps que le distributeur. On peut récupérer ou freiner à n'importe quelle vitesse, il suffira de faire tourner le distributeur de manière à produire, soit un champ tournant en sens inverse de la cage, soit dans le même sens, mais plus lentement.

E. P.

Digitized by Google

La commande à distance par les circuits fantômes (1).

On sait que l'introduction dans l'art de l'éclairage des lampes à incandescence à grande intensité et à faible consommation spécifique a déterminé une évolution très remarquable de cette technique spéciale, et que ces lampes se substituent rapidement aux lampes à arc.

Dans le remplacement des anciennes lampes par les nouvelles il est naturel de chercher à utiliser tels quels les circuits déjà installés.

Pour y arriver, le moyen le plus ingénieux est celui que les techniciens ont baptisé du nom de « circuits fantômes » et qui permet de commander, à une distance quelconque, l'allumage ou l'extinction d'un groupe de lampes.

Chaque groupe est alimenté par un transformateur spécial relié au circuit général par un interrupteur à huile.

Le relais qui commande ce dernier est lui-même alimenté par un courant continu transporté par le fil qui véhicule déjà le courant alternatif destiné au transformateur. Le circuit du courant continu auxiliaire, lequel ne nécessite aucun fil spécial, constitue précisément le « circuit fantôme ».

L'un des fils du circuit fantôme est constitué par un fil du circuit triphasé de travail, l'autre par la terre.

Comme il faut d'ailleurs éviter que le courant alternatif s'échappe à la terre, le courant continu pénètre dans la ligne métallique par une bobine de self-induction qui ne lui oppose qu'une faible résistance ohmique, tandis qu'elle présente une réactance considérable pour les courants alternatifs.

Les installations sont faites sur le principe des schémas 1 et 2 (fig. 1 et 2).

Le courant auxiliaire est un courant continu à 125 v ; quand on ne dispose pas d'une source directe, on utilise un transformateur abaisseur et une soupape électrolytique, (fig. 1 et 2, appareils 3 et 4).

Une résistance élevée est montée entre les bornes de l'interrupteur du courant auxiliaire, pour former un chemin permanent au courant magnétisant de la bobine de self-induction (fig. 1, appareils 1 et 11).

A l'extrémité de la ligne (fig. 1 et 2, appareil 5) est montée

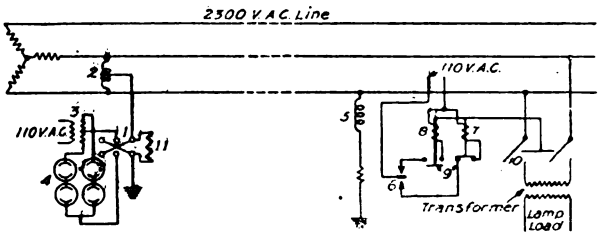


Fig. 1. — Schéma d'un circuit fantôme pour ligne triphasée sans neutre à la terre.
Transformer, transformateur ; lamp load, lampes.

une bobine de self-induction analogue à celle de la station, mais branchée entre un des fils de travail et le sol.

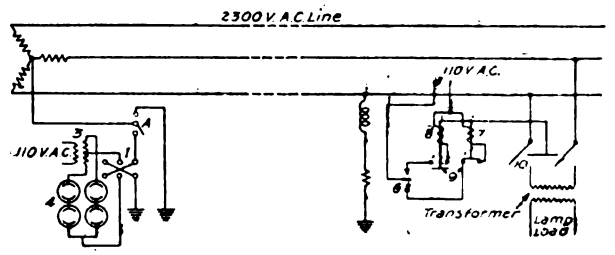


Fig. 2. — Schéma d'un circuit fantôme pour ligne triphasée avec neutre à la terre.
Transformer, transformateur ; lamp load, lampes.

Un relais polarisé, destiné à la commande de l'interrupteur, est inséré entre la bobine de self-induction (fig. 1, 2 et 3,

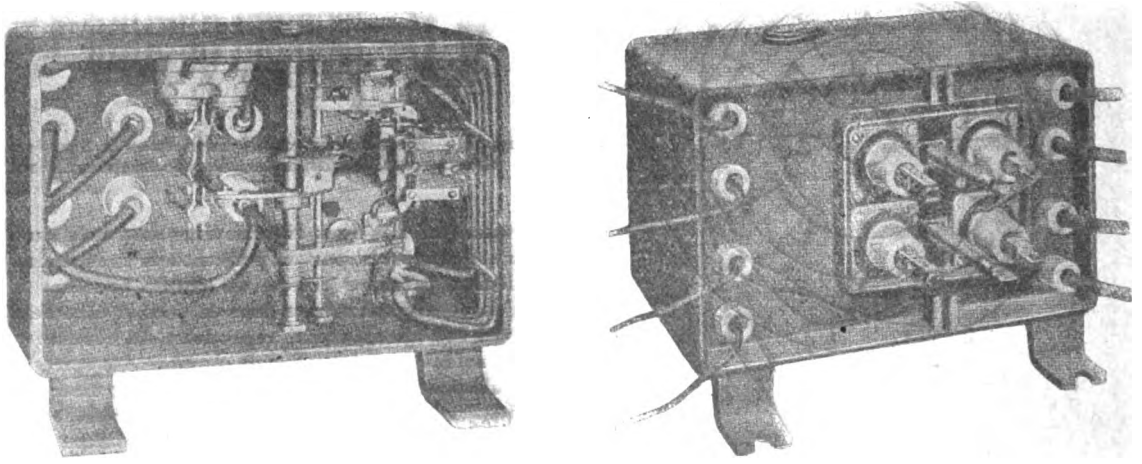


Fig. 3. — Vue supérieure d'un interrupteur à huile montrant le relais polarisé, le solénoïde et le mécanisme.

appareil 6). Le relais détermine la fermeture d'un circuit comportant un solénoïde alimenté par du courant alternatif à 110 v.

Si l'on envoie le courant continu auxiliaire dans le sens de la ligne au sol, il détermine l'excitation du solénoïde du relais et la fermeture de l'interrupteur ; si on l'envoie dans le sens contraire, il provoque l'ouverture de l'interrupteur (fig. 1 et 2, appareil 7).

La mise en action du relais polarisé demande un courant

(1) H.-H. Rieves, *G. E. R.*, novembre 1917, t. xx, p. 884-888, 2 500 mots, 12 fig.

Digitized by Google

continu de 0,05 A ; pour plusieurs relais, l'intensité croît proportionnellement ; il faut, par suite, soit une bobine de self-induction de résistance moindre, soit plusieurs bobines en parallèle.

Le solénoïde de fermeture absorbe un courant alternatif de 15 A sous 110 V, qui tombe d'ailleurs à 4 A après 0,1 seconde ; le solénoïde de rupture demande un courant de 8 A qui tombe environ à 3 A.

Le schéma de la figure 2 représente une ligne triphasée avec neutre mis à la terre à la station. Dans ce cas, il n'y a pas lieu d'employer de bobine de self-induction à la station, le courant continu est mis sur la ligne simplement par l'interrupteur.

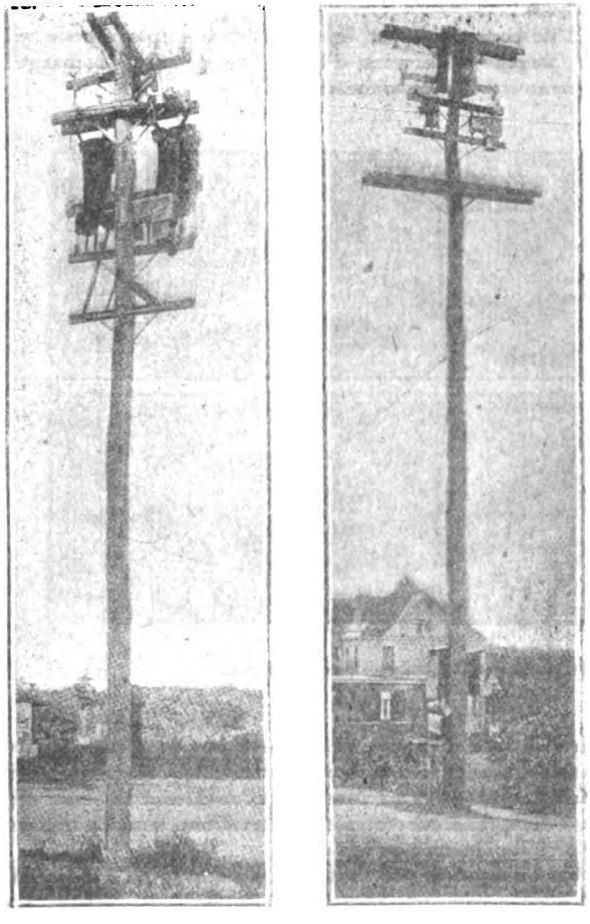


Fig. 4. — Installation de circuits fantômes pour éclairage rural commandés depuis des stations distantes de 4 et 8 miles.

Pour la bonne marche du dispositif, il est nécessaire qu'il n'y ait pas de terres sur la ligne ; mais le système reste applicable si le neutre de la distribution triphasée est mis à la terre à la station pourvu que la ligne de terre soit coupée momentanément au moment de l'envoi du courant auxiliaire.

La G. E. Co construit en vue de cette application des appareils (bobine de self induction, transformateurs, interrupteurs) tout à fait pratiques, compacts, étanches et appropriés aux installations en plein air (fig. 4).

Elle a effectué de nombreuses installations, la tension de travail étant généralement de 2 300 V à 60 p : sec, avec des distances de commande allant jusqu'à 15 miles.

J. G.

Utilité de l'air comprimé dans les centrales (1).

Beaucoup de centrales possèdent un compresseur d'air, mais presque toujours celui-ci est réservé à l'usage de l'atelier. L'emploi de l'air comprimé dans la centrale même présente cependant de nombreux avantages que l'auteur expose ici. L'air comprimé peut être utilisé pour les différentes classes des travaux suivants : nettoyage, réparation, élévation et transport, pompage, badigeonnage et travaux de construction.

Nettoyage. — C'est probablement là un des emplois les plus répandus dans les centrales. Les génératrices, les moteurs, pompes, tableaux de distribution, murs, etc., peuvent être aisément débarrassés de la poussière au moyen d'un jet d'air comprimé. Ce procédé présente une grande sécurité et ne peut pas causer de détérioration des organes soumis au nettoyage. Dans les machines particulièrement, le jet d'air permettra d'atteindre de nombreuses pièces qui sont hors de portée avec tout autre appareil.

On trouve aujourd'hui, dans le commerce, des tuyères de soufflage bien étudiées qui réalisent une grande économie d'air comprimé. Pour le nettoyage des parties inaccessibles, il sera avantageux de prolonger la tuyère par un tube de cuivre flexible dont l'extrémité sera pourvue d'un petit tube en caoutchouc, lorsque l'organe à nettoyer est facilement susceptible de détérioration.

Les tubes d'eau des chaudières peuvent être également débarrassés de la suie au moyen de l'air comprimé. Un nettoyage fréquent par ce procédé se traduit par une diminution de la consommation du charbon.

La désincrustation des tubes de chaudières s'effectue aisément au moyen d'appareils à air comprimé tels que ceux représentés par la figure 1. Le fonctionnement de ces détartreurs peut être basé sur deux principes différents : les uns ont une tête en forme d'alésoir, ou en forme de roues dentées, qui tournant, à grande vitesse, arrache le tartre ; les autres agissent par percussion. Ce dernier type est également applicable pour le détartrage de la surface extérieure des tubes. Généralement, un courant d'eau est envoyé dans les tubes pendant le nettoyage pour entraîner le tartre détaché.

Réparations. — Les outils pneumatiques, leur emploi est très répandu aujourd'hui, peuvent être utilisés dans les centrales pour les réparations.

Élévation et transport. — L'air comprimé peut être avantageusement employé pour soulever les machines et les transporter, pour la manutention du combustible et des cendres, etc...

Pour les travaux de levage, il existe sur le marché un grand nombre de treuils à air comprimé, de très bonne construction.

Dans certaines centrales où il existe un système central de lubrification, l'huile sortant du filtre est forcée dans une conduite au moyen de l'air comprimé jusqu'à un réservoir

(1) Charles-A. Hirschberg. *Electrical Review and Western Electrician*, 30 juin 1917, t. LXX, p. 1089-1093, 3000 mots, 8 fig.

Digitized by Google

d'où elle est distribuée sous l'effet de sa propre pesanteur.

Pour le transport des matériaux tels que les cendres, le poussier de charbon, il existe deux systèmes différents, l'un fonctionnant par aspiration, l'autre par pression.

L'expérience a montré que ce dernier système n'était pas avantageux pour des installations de chaudières de puissances inférieures à 700 kw. Dans le système par aspiration, les cendres sont aspirées dans un réservoir où elles sont éteintes et où les poussières se déposent ; généralement les trémies de ces réservoirs sont installées immédiatement sous les foyers qui les alimentent par l'intermédiaire de grilles ; l'aspiration d'air les transporte au réservoir par l'intermédiaire d'une tuyauterie en fonte ou en acier.

L'air aspiré du réservoir traverse un laveur.

L'emploi de l'huile pour le chauffage des chaudières est assez répandu ; l'huile arrive aux brûleurs à l'état pulvérisé au moyen de l'air comprimé. Il existe deux sytèmes de pulvérisation, l'un à basse pression alimenté par un ventilateur, l'autre à haute pression recevant l'air d'un compresseur.

Pompage. — Lorsque la centrale doit pourvoir elle-même à son alimentation en eau au moyen de puits profonds, le pompage à l'air comprimé est avantageux. Tout organe mobile est supprimé, par suite il ne se produit aucune perturbation dans le fonctionnement. Parfois l'air comprimé est également employé à la commande de pompes alternatives. Dans ce cas il est moins avantageux que la vapeur et n'a guère sa raison d'être que comme commande de secours.

L'air comprimé peut également être employé pour vider les wagons réservoirs d'huile, de pétrole, décharger le contenu liquide de tonneaux, etc...

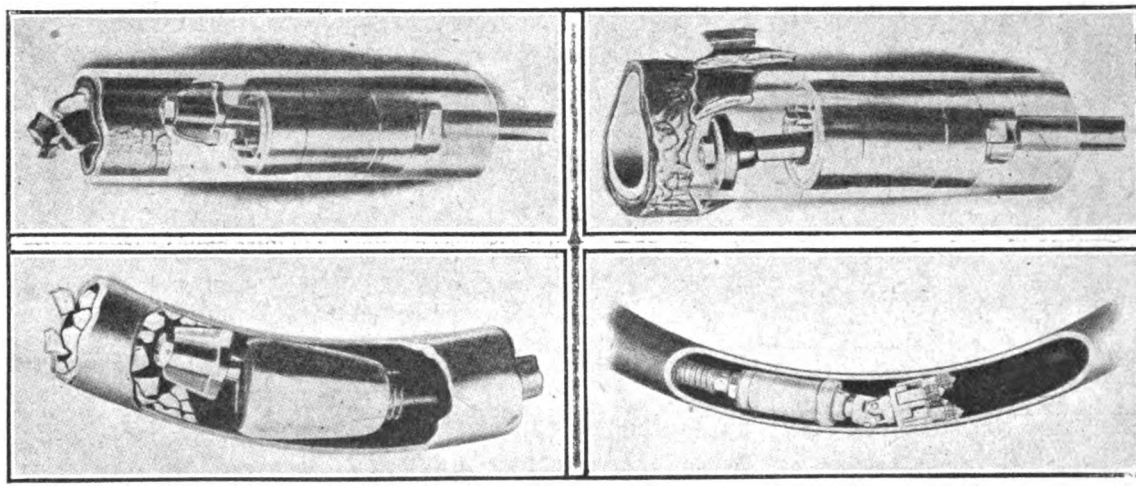


Fig. 1. — Appareils à air comprimé pour le détartrage des tubes de chaudières.

Badigeonnage. — L'air comprimé est un auxiliaire précieux pour le badigeonnage ou le blanchiement des murs, poutres, traverses, etc. Le travail s'effectue plus rapidement et à un prix moindre qu'à la main. L'enduit est projeté sur la surface avec une force suffisante pour assurer sa pénétration dans les moindres interstices qui ne sont généralement pas atteints dans le badigeonnage à la main. Il doit être pulvérisé très finement et recouvrir la surface d'une couche uniforme très mince, car on sait en effet que trois couches minces sont préférables à deux couches épaisses, à quantité d'enduit égale. Le badigeonnage à l'air comprimé permet de régler à volonté l'épaisseur des couches et d'obtenir ainsi les meilleurs résultats et la consommation minimum.

Travaux de construction. — Il arrive fréquemment que de vieux bâtiments de la centrale doivent être réparés ou même reconstruits. La démolition des maçonneries ne présente aucune difficulté. Il n'en est pas de même des constructions en ciment qui ne peuvent être détruites par la poudre à cause des machines environnantes. Une perforatrice à air comprimé effectuera cette démolition à meilleur compte et plus rapidement qu'à la main.

Un exemple de ce fait s'est produit à la Philadelphia Electric Company. Il était nécessaire de démolir complètement les fondations d'une machine située parmi d'autres, dans la salle des machines. On perça des trous à la perforatrice pneumatique, à des distances suffisamment rapprochées et la fondation fut démolie en introduisant des coins dans ces trous ainsi que cela se pratique parfois dans certaines mines. De cette façon le travail fut effectué sans apporter la moindre perturbation au fonctionnement de la centrale.

Ces perforatrices sont en outre utiles pour pratiquer les trous nécessaires au scellement des ferrures dans les parties en béton.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

La situation actuelle de la culture mécanique en France

Dans son rapport sur le budget du ministère de l'Agriculture de 1918, M. Dariac, député, a réuni certaines données statistiques fort intéressantes, que notre collaborateur M. Ach. Delamarre reproduit et commente dans les lignes qui suivent.

A priori, on pourrait croire que la motoculture n'est susceptible de nous intéresser que si elle met en jeu l'énergie électrique ; en réalité il en est tout autrement, d'une part, parce que l'on doit toujours connaître à fond les moyens d'action de ses concurrents et, d'autre part, à cause de certaines dispositions administratives qui favorisent la culture mécanique en général ; à cause aussi de l'organisation de la culture en commun qu'il faut arriver à réglementer si l'on veut que le développement du machinisme produise son plein effet.

A tous ces points de vue la lecture attentive du rapport de M. Dariac sur le budget du ministère de l'Agriculture de 1918 sera très instructive.

Il débute en rappelant le vœu exprimé dans sa séance du 25 juillet 1917 par l'Académie d'Agriculture, qui demandait alors aux pouvoirs publics :

« De favoriser la création et le développement de l'outillage agricole qui fait grandement défaut et particulièrement les moteurs mécaniques, en complétant les encouragements donnés à la fabrication française, aux syndicats et autres groupements agricoles, et aux entreprises particulières de labourage et autres travaux de culture, à l'instar des entreprises de battage dont l'utilité pour nos campagnes n'est plus à démontrer, aussi bien pour la grande et moyenne culture que pour la petite agriculture ;

» D'inciter, en tenant compte des intérêts des constructeurs de machines agricoles, les usines qui, actuellement, sont consacrées à la fabrication du matériel de guerre et des munitions, à utiliser dès les premiers jours de l'armistice les immenses ressources dont elles disposent pour entreprendre sans retard la fabrication des machines agricoles et plus spécialement des tracteurs et appareils similaires, d'agréer un très petit nombre de types de façon à réduire les frais de production et, par suite, les prix de vente et d'appeler sur ce point l'attention du ministre de l'Armement ;

» De créer dans chaque département, avec le concours du directeur des services agricoles, un organisme de culture mécanique qui s'entendrait avec les groupements agricoles pour la remise des appareils et qui choisirait, dans chaque canton si possible, un garage d'automobiles destiné à donner les premières leçons de conduite et d'entretien aux possesseurs d'appareils et à assurer le service des réparations et la vente des pièces de rechange à des conditions stipulées d'avance. »

Par exception, ce ne fut pas là un vœu platonique et un arrêté ministériel en date du 8 octobre 1917 accordait aux groupements agricoles, comptant au moins 7 participants et qui désiraient acheter des appareils destinés au labourage mécanique, une subvention de 50 pour 100 à condition qu'il s'agisse : « d'une batterie de 5 tracteurs au moins, d'un matériel de labourage à vapeur ou d'un matériel de labourage électrique. » Si ces conditions ne sont pas remplies « la subvention ne peut excéder le quart ou le tiers du prix des appareils selon que le demandeur aura ou non recours au crédit agricole conformément à la loi du 29 décembre 1906 ».

Il y a là une amélioration sensible de l'arrêté précédent du 7 septembre 1915 qui n'accordait qu'une subvention de 33 pour 100 aux groupements agricoles. Cependant il ne paraît pas que ces deux arrêtés aient encouragé beaucoup d'initiatives et M. le sénateur Chauveau en a expliqué, avec une grande netteté, dans un ouvrage récent (1), les raisons : interposition de difficultés financières, matérielles, morales et techniques. « Dans la première catégorie, doivent être rangées celles qui se rapportent à la constitution des capitaux nécessaires pour le paiement de la part afférente au syndicat. En outre, les appareils sont chers, et doivent être payés le plus souvent au comptant ou à bref délai, ce qui est une autre source d'embarras. Parmi les difficultés d'ordre matériel, il faut compter la préparation d'un dossier correct, préparation un peu compliquée ; le recrutement malaisé d'adhérents dont la majeure partie est mobilisée et dont les représentants naturels hésitent en face d'engagements financiers, dont ils sont incapables, le plus souvent, d'apprécier les conditions et l'étendue. Les difficultés morales sont de l'ordre de celles qu'on rencontre journellement aux champs... et ailleurs : c'est surtout la méfiance à l'égard des promoteurs, qui ont toujours tendance, suppose-t-on, à se faire une situation privilégiée dans le syndicat et à utiliser le matériel à leur profit, sans avoir égard aux droits égaux de leurs associés.

(1) *Notes de Culture mécanique*, par le sénateur Chauveau, Baillière, 1917, p. 349 et suivantes.

Digitized by Google

» Le choix de l'appareil et l'absence de conseils techniques qualifiés pour en diriger l'achat constituent un des plus gros obstacles que rencontre l'arrêté de septembre 1915 dans son application. Ce choix est une affaire essentiellement technique, trop souvent réglée comme une affaire commerciale, c'est-à-dire sous l'empire de considérations étrangères à la valeur propre de l'appareil considéré. Il est permis de regretter, à ce sujet, que les différents spécialistes impartiaux et désintéressés qui ont étudié ce genre de machines n'aient pas cru devoir mettre leurs observations sur chacune d'elles à la portée de tous ceux qu'intéresse la question. »

Cependant, les résultats obtenus ne sont pas négligeables ; au 31 décembre 1917, en effet, il s'était formé 267 syndicats qui avaient acquis 339 tracteurs ; à la même date les particuliers en possédaient 681 et ces 1020 appareils avaient labouré ensemble pendant l'année 153 000 hectares. En moyenne chaque tracteur avait labouré 1 hectare par jour de travail en automne ou au début de l'hiver. Le prix de revient moyen à l'hectare, non compris les frais généraux, est ressorti à 98 fr. D'ailleurs le tableau ci-dessous résume les prix de revient détaillés :

Tableau I. — *Tableau indiquant le prix de revient partiel par hectare travaillé.*

MARQUES DES TRACTEURS	NOMBRE D'HECTARES TRAVAILLÉS PAR MACHINE	FRAIS DE PIÈCES DE RECHANGE PAR MACHINE	FRAIS DE PERSONNEL PAR HECTARE TRAVAILLÉ	FRAIS DE COMBUSTIBLES PAR HECTARE TRAVAILLÉ	FRAIS DE PIÈCES DE RECHANGE PAR HECTARE TRAVAILLÉ	PRIX DE REVIENT MOYEN PARTIEL PAR HECTARE
	hectares	francs	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Emerson	38,35	428	43,40	53,77	11,17	108,34
Case	78,51	144	21,58	44,43	1,84	67,85
Mogul	58,64	341	29,51	38,69	5,81	74,01
Avery	28,5	256	43,37	51,97	0,01	105,35
Rock Island	27 »	167	23,34	39,54	6,18	69,06
Titan	18 »	178	25,36	55,02	9,88	90,26
Bull	23,6	131	25,45	42,23	5,57	73,23

Les frais généraux, réparation — autres que les rechanges — l'intérêt du prix d'achat, l'amortissement, etc... ne sont pas comptés. On estime qu'ils ont varié d'un minimum de 2 fr à un maximum de 18 fr par hectare.

D'autre part, l'Etat possédait, au 31 décembre 1917, 555 tracteurs ayant travaillé 33 260 hectares et effectué les travaux suivants :

Tableau II.

	LABOURS	MOISSON	SCARIFIAGE	DÉCHAUMAGE	HERSAGE ET ROULAGE
	hectares	hectares	hectares	hectares	hectares
Zone des armées	18 812	545	985	10	1 227
Zone de l'intérieur	9 486	2 055	123	4	12
Totaux	28 298	2 600	1 108	14	1 239

Mais si encourageants que soient ces résultats, on se rend compte qu'ils sont insuffisants et l'on peut alors se demander, avec M. Dariac, « si de nouveaux encouragements ne pourraient être accordés, sous une forme différente, à la motoculture privée ».

Même avec la subvention, la dépense est lourde pour les syndicats, l'exploitation est coûteuse et les résultats dans l'état actuel de l'outillage sont incertains. Les appareils sont imparfaits encore : en outre, l'essence, l'huile et les pièces de rechange atteignent des prix très élevés ; un bon conducteur de machine est parfois difficile à trouver. De plus, surtout pendant les hostilités, on ne rencontre pas toujours dans un rayon restreint, sept adhérents ayant des champs assez vastes pour que la culture mécanique soit réellement pratique chez eux. Enfin l'entente est parfois malaisée quand il s'agit de déterminer l'ordre dans lequel les travaux s'effectuent.

» Dans ces conditions, ne serait-il pas intéressant d'accorder une subvention aux propriétaires de tracteurs en raison du nombre d'hectares labourés par leurs soins chez autrui et de chercher à réaliser ainsi l'unité de direction, de responsabilité et de compétence ?

» Il ne faut pas croire qu'on donnerait ainsi ces avantages aux seuls chefs d'exploitations importantes. On ne subventionnera, en effet, qu'au prorata de la surface labourée chez autrui. Le titre de perception d'indemnité serait remis contre un carnet à souche facile à établir, avec toutes garanties. Les travaux achevés, le

Digitized by Google

cultivateur, propriétaire d'un appareil, viendrait en aide à ses voisins. Pour se ménager une clientèle, il ne pourrait se montrer trop exigeant et, s'il n'assurait que ses labours, il ne recevrait naturellement pas de subvention de l'État. Les cultivateurs des environs seraient, semble-t-il, heureux de recourir à sa collaboration sans endosser ni ennuis, ni responsabilités.

» Les charrons, les forgerons de villages, les artisans deviendraient très souvent, d'autre part, entrepreneurs de labourage subventionnés. Il est inutile d'insister sur les facilités de conduite et de réparations qu'ils auraient. Ne deviendraient-ils pas en même temps et par la force même des choses agents de vente de telle ou telle marque? Ne serait-ce pas un des moyens de vulgarisation et de diffusion à employer?

» En outre, on peut être tenté d'examiner si ce système ne serait pas moins onéreux pour l'État que l'organisation actuelle, avec le service officiel de culture des terres ; il aurait le très grand avantage de proportionner la dépense aux résultats obtenus réellement; il ne coûterait qu'à raison même des services rendus dans l'intérêt de la production nationale. L'octroi de primes d'entretien aux propriétaires de camions automobiles constitue, dans cet ordre d'idées, un précédent qu'on ne doit pas oublier. »

Rapprochons de ces suggestions les réflexions suivantes de M. le sénateur Chauveau [1] qui, avec juste raison, fait ressortir la nécessité de tenir compte de la mentalité et des coutumes paysannes. « Beaucoup d'agriculteurs hésitent à faire un effort financier, quel qu'il soit, et davantage encore, s'il s'agit d'acheter un appareil commun, qu'ils craignent de voir servir d'abord et surtout aux travaux de ceux qui en auront recommandé et gestionné l'achat. Cet appareil, d'ailleurs, ils ne savent pas ce qu'il donnera, en l'absence de conseils techniques autorisés qu'ils ignorent à qui demander. Aussi, soit pour ces raisons, soit parce que l'état de guerre empêche de réunir le nombre minimum d'adhérents fixés par l'arrêté ministériel, soit enfin parce que les formalités exigées semblent trop compliquées, le fait est que les résultats donnés par cette disposition sont, à l'heure actuelle, assez médiocres.

» Un projet d'entreprise générale de labourage mécanique, dû à l'initiative privée, a été d'autre part étudié. Cette entreprise achèterait 100 ou 200 tracteurs, passerait des contrats de labourage pour des étendues suffisamment vastes, à des prix modérés. Elle aiderait, dans la mesure de ses moyens, à la formation de coopératives de culture mécanique, auxquelles elle céderait, si elles le désirent, l'appareil qu'elles auront vu travailler sous leurs yeux. Ce projet, très séduisant en principe, et d'autant plus louable qu'il ne demande aucune aide pécuniaire à l'État, mais seulement un patronage moral, est conçu dans un esprit centralisateur, voire administratif, incompatible, à notre sens, avec les besoins dispersés et changeants de la culture. On pourra disposer, dans les bureaux de l'entreprise générale, qu'à telle époque, on fera du labour dans une région donnée; mais, comme on ne commande pas aux éléments, que fera-t-on du mécanicien, des manœuvres et de l'appareil qu'on y aura acheminés, si le mauvais temps ne permet qu'un labour de qualité médiocre ou insuffisant? Si on passe outre, il est à craindre que les intéressés ne renoncent à utiliser les services de l'entreprise, heureux s'ils ne s'emploient pas à dissuader les autres d'y recourir.

» C'est précisément ce genre de considérations qui indiquent la marche à suivre pour résoudre la difficulté qui se pose et pour généraliser l'emploi de la culture mécanique. On n'atteindra ce double but qu'en aidant à l'éclosion de petites entreprises locales, parfaitement au courant des besoins et des coutumes de la région où elles opéreront.

» Comment aider à la multiplication d'un intermédiaire aussi utile, aussi intéressant, nous dirons même aussi nécessaire? Car le problème financier qui se pose pour le propriétaire ou le locataire d'un domaine moyen, lorsqu'il s'agit d'acquérir un appareil coûteux, est le même que doit résoudre pour s'établir le petit entrepreneur local.

» C'est ici, à notre avis, que doit intervenir l'État qui pourra accorder à des entreprises de ce genre un concours de même nature et importance que celui qu'il réserve aux groupements agricoles et aux communes pendant la guerre. »

C'est pour favoriser l'application pratique de ces idées que M. le sénateur Chauveau a déposé le 31 janvier dernier un nouveau projet de loi ayant pour objet de donner des encouragements spéciaux au labourage mécanique des terres et un appui plus large du gouvernement. Nous en extrayons les passages les plus intéressants :

« Article premier. — Des encouragements spéciaux, sous forme de primes à l'achat et à l'entretien d'appareils de motoculture, seront à l'avenir accordés à tout entrepreneur ou société d'entreprise qui s'engagera, par contrat, vis-à-vis de l'État, à labourer mécaniquement, durant trois années consécutives, dans la zone des armées ouverte à la population civile, une étendue minimum de cent hectares par an et par appareil, s'il s'agit de terres à ensemencer en blé et de cent cinquante hectares, si celles-ci sont destinées à des céréales diverses.

» L'étendue minimum sera de 1 000 hectares dont la moitié au moins en labours profonds, pour les matériels à grande puissance dont la force dépassera 200 ch.

» Art. 2. — La prime à l'achat fera l'objet d'un versement unique. La prime à l'entretien sera payée annuellement pendant la durée du contrat, après chaque campagne agricole.

» Toutes deux cesseront d'être accordées un an après la cessation des hostilités.

» Art. 4. — La prime à l'achat pourra s'élever jusqu'au tiers de l'appareil ; la prime annuelle à l'entretien ne devra, en aucun cas, dépasser le quinzième de ce prix.

» Il sera, en outre, tenu compte, dans le calcul des

(1) *Notes de culture*, déjà cité, p. 304 et suiv.

Digitized by Google

primes, d'une marge de protection de 25 pour 100 en faveur des appareils construits par l'industrie nationale.

» ART. 6. — Pendant la durée du contrat, une prime supplémentaire pour tout hectare labouré mécaniquement au delà du minimum fixé sera allouée pour tout appareil primé dont le travail annuel dépasserait ce minimum. »

Dans son rapport sur ce projet de loi la commission du Sénat fait très justement remarquer qu'il faut aider à la naissance ou au développement, là où elle existe déjà, d'une entité spéciale qui trouvera dans l'appréciation de ces circonstances et dans la conclusion de ces accords une source de gains satisfaisants. Cette entité ne peut être qu'un entrepreneur ou une société d'entreprise, désireux de faire produire les capitaux qu'ils auront employés à l'achat d'un ou de plusieurs appareils de motoculture dont ils s'efforceront d'obtenir le maximum de rendement; et c'est ici que se confond leur intérêt particulier avec l'intérêt général.

Il a paru que les encouragements spéciaux devaient se manifester sous la double forme d'une prime à l'achat de l'appareil, d'un pourcentage assez élevé, et de primes à l'entretien, échelonnées sur trois années, qui tendent à mieux garantir la continuité d'un effort que des déceptions passagères, inévitables dans l'emploi d'un procédé nouveau, pourraient éventuellement troubler.

Ces encouragements, de début en quelque sorte, se complètent par l'allocation d'une prime spéciale par hectare labouré au delà du minimum annuel stipulé; le travail intensif doit, en effet, être spécialement récompensé dans l'intérêt de notre ravitaillement.

Ces primes iront à l'entrepreneur, individu ou société qui prendra vis-à-vis de l'État des engagements précis d'une durée de trois années, par lesquels se trouvera assuré le labourage mécanique de superficies minimum pour chaque campagne agricole.

C'est l'acheminement vers une organisation que j'ai toujours préconisée pour le labourage électrique: société d'exploitation proprement dite, travaillant pour le compte d'une coopérative agricole, la première assurant la partie technique, la seconde apportant son concours commercial; je suis personnellement heureux de constater que les esprits les plus avertis s'orientent vers cette voie qui m'a toujours paru comme la seule susceptible de permettre un rapide développement de la culture mécanique en général, du labourage électrique en particulier.

Ach. DELAMARRE.

Congrès général du Génie civil (*Suite*)

TRAVAUX DE LA SECTION I (*Suite*)

Sur les nouvelles méthodes de calcul de résistance et sur la nécessité de les introduire dans les programmes d'enseignement [1].

Autrefois on édifiait les constructions sans aucun calcul en se basant sur les résultats qui avaient été précédemment obtenus dans des cas analogues; puis on eut recours à des formules empiriques établies d'après les résultats qu'on avait obtenus expérimentalement; ce n'est que beaucoup plus tard qu'apparurent des méthodes de calcul plus rationnelles basées sur l'étude des déformations élastiques.

Deux écoles se formèrent : l'école des méthodes analytiques et l'école des méthodes graphiques.

La première méthode a l'avantage d'une grande exactitude numérique, mais elle nécessite certaines connaissances mathématiques que beaucoup de constructeurs ne possèdent pas; il en résulte que, pour éviter les difficultés, ils adoptent des hypothèses simplificatrices qui nuisent à l'exactitude des résultats, ou ils renoncent à l'adoption d'un type d'ouvrage pratiquement rationnel qui les conduirait à des calculs complexes ou trop laborieux.

Les méthodes graphiques ont l'avantage de rendre les difficultés de calcul des ouvrages indépendantes de la forme de ceux-ci; le calcul graphique s'effectue presque entièrement à l'aide d'épures, et bien qu'il présente une moins grande exactitude que le calcul analytique, il offre pratiquement d'incontestables avantages.

Le rapporteur expose les avantages procurés par l'application du principe du travail virtuel ou du théorème de Castigliano qui simplifient beaucoup les calculs de résistance.

Comme conclusion au rapport de M. Henry Lossier, le Congrès du Génie civil émet le vœu que, dans les établissements d'enseignement technique et dans les écoles d'Arts et Métiers, il soit fait une part plus large aux méthodes pratiques graphiques, à côté des méthodes purement mathématiques et théoriques.

La standardisation des profilés entrant dans les constructions [1].

Le rapport de MM. Drosne et Rousselet a été publié en entier dans la « Technique moderne » février 1918, t. x, aussi nous n'y reviendrons pas. Nous nous contenterons de signaler à nos lecteurs que les rapporteurs y étudient les dimensions optima à donner aux profilés en tenant compte des conditions suivantes : facilité du poinçonnage, utilisation optimum de la matière, efficacité maxi-

[1] Rapport de M. Henri LOSSIER.

[1] Rapport de MM. DROSNE et ROUSSELET.

Digitized by Google

mum. Ils étudient les divers profilés rencontrés dans le commerce et terminent en donnant un tableau des types de profilés unifiés adoptés par la Sous-Commission.

Sur les cahiers des charges pour la réception des chaux et ciments (1).

Quels que soient les matériaux dont il s'agit, les cahiers des charges ayant pour but de fixer les conventions entre le producteur et le consommateur comportent généralement deux catégories de clauses : les unes d'ordre technique, définissant la nature du produit ou tout au moins un minimum de qualité exigé, les autres d'ordre commercial ou administratif, réglementant les modalités de livraison, de paiement, etc. Les clauses techniques comportent elles-mêmes la définition des essais, dont les conditions d'exécution influent généralement beaucoup sur les résultats obtenus et, d'autre part, la fixation des limites entre lesquelles ces résultats doivent être compris pour que le produit corresponde à la qualité désirée.

Le rapporteur examine en détail la question du cahier des charges pour la réception des chaux et ciments. Cette question est trop éloignée de l'électricité pour que nous y insistions, mais nous donnerons les vœux que le congrès a émis comme conclusion au rapport de M. Féret, car ils peuvent servir de base à l'établissement de cahiers des charges relatifs à des matériaux intéressant l'électricité. Voici ces vœux :

1° Achèvement de l'unification des méthodes d'essai des chaux, ciments et produits similaires et élimination des épreuves jugées superflues ;

2° Classification de ces matériaux en un nombre aussi restreint que possible de catégories et de qualités distinctes (standardisation) ;

3° Fixation des conditions techniques à imposer à chacune de ces catégories et qualités (définition du produit et résultats numériques limites à exiger dans les essais) ;

4° Clauses diverses d'ordre administratif et commercial ;

5° Contrôle de la fabrication dans les usines.

Sur la transformation nécessaire du réseau routier français (2).

Le rapporteur, M. Georges Dumont, examine les services qu'aura à rendre après la guerre le réseau routier français. Depuis la création des chemins de fer, notre réseau de routes n'était utilisé presque uniquement que pour le tourisme ou les transports d'une localité à une autre ; l'augmentation considérable des transports industriels et commerciaux interurbains par des camions automobiles dits « poids lourds » a modifié considérablement la situation. Les automobiles, quels qu'ils soient, usent rapidement les routes macadamisées, il faut donc remplacer le macadam par un autre procédé plus durable ; le rapporteur étudie ce qui a été fait et essayé chez nous et à l'étranger pour la confection de routes plus résistantes que les routes actuelles ; il expose le programme de ce qu'il faut faire pour améliorer notre réseau routier et l'effort financier à accomplir pour exécuter le programme à réaliser.

L'utilisation des ports de commerce (1).

Nous avons déjà donné un compte rendu analytique du rapport de M. Jean Hersent qui a été présenté également à la Section II (Industrie des transports) (Voir *R. G. E.*, 20 avril 1918, t. III, p. 595) aussi nous n'y reviendrons pas.

Le tunnel sous la Manche entre la France et l'Angleterre (2).

M. A. Moutier rappelle tout d'abord l'historique du projet de tunnel sous la Manche, les études géologiques approfondies qui ont été faites par d'éminents géologues français et anglais. MM. Potier et de Lapparent, entre autres, ont démontré, par 7 672 sondages, l'identité dans le détroit des couches affleurantes côté anglais et côté français ; dans le détroit, les couches successives sont d'une continuité parfaite, sans aucune faille intermédiaire ; en haut, la craie blanche avec des silex, au-dessous toujours la craie, mais où les silex font place à l'argile et, enfin, plus bas encore, une couche de craie argileuse compacte, très uniforme qui n'est autre que la pierre à ciment appelée « craie cénomanienne » ou « craie grise de Rouen ».

Cette couche rendue imperméable par l'argile qu'elle contient se laisse facilement percer sans s'écrouler ; sa puissance est uniformément de 60 m, dans toute l'étendue du détroit et ses ondulations ne comportent pas de changements brusques, c'est le milieu rêvé pour construire le tunnel.

Les travaux entrepris par les Sociétés française et anglaise du tunnel ont vérifié ces résultats donnés par les sondages.

Le dernier projet, celui de M. Sartiaux, a pour caractéristiques essentielles de maintenir constamment l'ouvrage dans cette couche imperméable en acceptant, grâce à la traction électrique qui s'en accommode, les courbes et les déclivités qui permettent d'épouser les inclinaisons et les contournements de ladite couche.

Construction. — a) *Tracé et profil.* — La ligne se détacherait de la ligne de Paris à Calais entre Boulogne et Calais aux abords de Marquise. Le tunnel commencerait 6 km plus loin et se poursuivrait en alignement droit, courbes et contre-courbes, en affectant la forme d'un M très aplati et allongé.

Le profil comporte du côté français un palier de 6 km auquel succède une pente de 10 mm : m sur 8 km environ, puis une pente de 4 mm ; m sur un peu plus de 6 km, un quasi-palier (pente et contre-pente de 2 mm : m) jusqu'au milieu du détroit, soit sur près de 15 km.

(1) Rapport de M. R. Feret.
(2) Rapport de M. Georges Dumont.

(1) Rapport de M. Jean Hersent.
(2) Rapport de M. A. Moutier.

Digitized by Google

Du côté anglais le profil serait sensiblement le même, mais avec pente de 18 mm : m ; les ingénieurs anglais cherchent d'ailleurs à la réduire.

Dans ces conditions de tracé et de profil, le tunnel restera continuellement dans la couche de craie cénomanienne, en son tiers inférieur, c'est-à-dire que son niveau se trouvera, au milieu du détroit, à 50 m au-dessous du fond de la mer et un peu moins de 100 m au-dessous de son niveau moyen à la surface. Il ne sortira du cénomanien qu'aux extrémités et sur une faible longueur, mais bien au-dessus de la mer, ce qui facilitera l'évacuation des eaux d'infiltration pendant la construction.

b) *Sections transversales du tunnel et de la galerie d'écoulement (côté français).* — Le tunnel sera formé de deux galeries circulaires parallèles de 5,50 m à 6 m de diamètre distantes de 15 m environ l'une de l'autre, les galeries communiqueront tous les 100 m par des couloirs transversaux.

La galerie d'écoulement aura 3 m de diamètre et sera reliée aux deux galeries principales par des rameaux de même section ; elle aura son point haut au milieu du tunnel.

c) *Dépenses de construction.* — La dépense sera d'environ 600 millions, la distance entre gares étant de 61 km (dont 53 km pour le tunnel proprement dit) cela fait environ 10 millions par kilomètre.

Exploitation. — L'exploitation sera faite au moyen de la traction électrique, deux usines d'une puissance de 20 000 kw chacune seront construites, l'une sur la côte française, l'autre sur la côte anglaise.

La ventilation du tunnel a été prévue, mais on peut croire que la circulation des trains suffira pour l'assurer.

Considérations économiques. — L'établissement du tunnel sous la Manche aura pour conséquence d'augmenter considérablement le trafic entre la France et l'Angleterre. On pourra faire circuler de 100 à 130 trains par jour et dans chaque sens, dans le tunnel, leur charge étant d'environ 1 000 t utiles. Le transport des voyageurs sera également considérablement augmenté, et permettra un transit direct entre l'Angleterre et les différentes nations continentales.

Le rapporteur montre que les objections d'ordre militaire faites à la construction du tunnel sont insoutenables, étant donnée la facilité avec laquelle on pourrait détruire le tunnel.

Conclusion. — Comme conclusion au rapport de M. A. Moutier, considérant, d'une part, que la construction du chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre peut être entreprise dès que les Anglais auront fait connaître leur accord, la Société française étant en possession de tous ses droits de ce côté du détroit et ayant préparé les projets dont les détails d'exécution seuls seraient à activer, d'autre part, que le trafic à attendre sera certainement de nature à rémunérer l'entreprise en développant le trafic mondial, le congrès émet le vœu : que le tunnel sous-marin, œuvre franco-anglaise, soit réalisé le plus tôt possible, que les gouvernements anglais et français rendent définitive l'entente sur la construction du tunnel qui a été réalisée en 1870 et complétée en 1874 et 1875 par l'octroi de la concession de la partie anglaise du chemin de fer sous-marin, conformément au protocole signé le 30 mai 1876 où sont réglées entre les deux nations intéressées les questions que pourra soulever l'existence du tunnel. (*A suivre.*)

Assemblées générales

Société des Forces motrices de la Loue.

Assemblée générale ordinaire du 20 février 1918.

Durant l'année écoulée la Société s'est efforcée d'achever les réseaux de son Syndicat et de mettre en exploitation les communes qui en font partie.

Les difficultés de se procurer le matériel et la main-d'œuvre n'ont pas permis de réaliser tout ce programme, mais les réseaux primaires et secondaires du Syndicat sont terminés et une partie des installations intérieures et des branchements est faite.

Le réseau secondaire de Dompierre a été exécuté, quoique cette commune ne fasse pas partie du Syndicat, mais elle se trouvait sur le passage de la ligne à haute tension, la Société a, en outre, relié au réseau d'Arc et Senans la commune de Lemuy.

L'absorption de la Compagnie électrique du Jura-Doubs a été rendue définitive par l'assemblée générale extraordinaire du 11 décembre 1917.

Les travaux de l'usine de Mouthier n'ont pu être entrepris, l'accord avec l'administration n'ayant pas encore pu se faire.

Les recettes d'exploitation se sont élevées à 271 753,44 fr, en augmentation de 111 830,31 fr (dont 32 110,62 fr proviennent du Jura-Doubs) sur celles de 1916 ; les dépenses se chiffrent par 150 670,63 fr, en augmentation de 57 556,66 fr dans lesquelles sont compris les frais afférents à l'exploitation du Jura-Doubs et les achats de courant à la Compagnie du Mont-d'Or. Le bénéfice d'exploitation ressort à 131 083,41 fr.

L'assemblée décide de porter au compte provisions pour réfections la somme de 126 178,27 fr laissée disponible par l'absorption de la Compagnie électrique du Jura-Doubs et de reporter à nouveau le bénéfice net de l'exercice, 14 653,30 fr.

Bilan au 30 juin 1917.

Actif.

	fr
Premier établissement, usines, terrains, réseaux	3 146 910,15
Frais de constitution	30 768 »
Mobilier et outillage	21 321,03
Compteurs et matériel en location	45 907,50
Prime de remboursement des obligations	107 074 »
Caisses et banques	124 648,59
Débiteurs divers	539 100,38
Magasin et approvisionnements	961 051,66
	4 276 781,31

Passif.

	fr
Capital	1 705 000 »
Obligations créées	2 000 000 »
Obligations à la souche	643 000 »
Créditeurs à long terme	289 500 »
Créditeurs divers	869 066,79
Coupons à payer	40 661,22
Profits et pertes. Bénéfices de l'exercice 1916-1917	14 653,30
	4 276 781,31

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

La procédure d'instruction des demandes de concessions sur le domaine public

La grande majorité des usines hydrauliques étaient jusqu'à ce jour établies presque uniquement sur des cours d'eau privés, tandis que l'énergie utilisable sur les cours d'eau du domaine public n'était presque jamais captée. Cela tenait aux difficultés que notre législation apportait à l'établissement d'usines hydrauliques sur les rivières du domaine public. Un décret, pris en date du 11 avril 1918 par le ministre des Travaux publics et des Transports, modifie notre législation et simplifie considérablement la procédure d'instruction des demandes de concessions sur les cours d'eau du domaine public. C'est ce décret très important que notre collaborateur commente dans les lignes qui suivent et que nous reproduisons in extenso, p. 670.

I. — Tous ceux qui ont étudié les problèmes touchant l'aménagement industriel de nos cours d'eau ont constaté le peu d'empressement que mettent les usiniers à utiliser la force motrice des fleuves et des rivières du domaine public, à tel point que plus des quatre cinquièmes des chevaux équipés l'ont été sur les cours d'eau privés. Il est, à cette préférence, des raisons d'ordre technique et économique qu'on a souvent fait ressortir : les gros débits et la pente médiocre des sections navigables de nos rivières exigent, pour leur aménagement, des travaux particulièrement importants. Les industriels, au début surtout, se sont portés vers les hautes chutes où le prix d'établissement de l'unité de puissance était moins considérable. Mais d'autres préoccupations les ont également guidés dans leur choix : sur les cours d'eau non domaniaux, le contact avec l'Administration est réduit au minimum : une fois acceptées les réserves imposées par l'unique souci d'assurer les intérêts généraux de la région envisagée, l'industriel est maître chez lui. Au contraire, sur les cours d'eau domaniaux, l'usinier n'était, jusqu'à ces dernières années tout au moins, qu'un simple occupant à titre précaire et révocable du lit du fleuve. Précarité, certes, qui équivalait, en fait, à la pérennité, et c'est bien, au fond, ce qui éveillait les scrupules de l'Administration gardienne de cette partie du domaine public. A mesure que l'utilisation de la force motrice hydraulique prenait plus d'importance, elle éprouvait quelque gêne à soumettre au même régime la puissante usine hydro-électrique et le modeste bateau-lavoir, elle sentait la nécessité de trouver une formule qui sauvegardât pleinement les droits de l'Etat. Mais, en l'absence de toute indication nette du législateur, ce travail d'adaptation ne pouvait aller sans flottements et sans hésitations. D'où des retards dans l'instruction des demandes qui n'étaient pas faits pour encourager les initiatives privées.

En 1914 seulement, l'Administration prit nettement parti ; elle décida d'assimiler certaines dérivations usinières aux grands travaux publics entrepris par l'Etat et visés par les lois des 3 mai 1841 et 27 juillet 1870 ; routes royales, canaux, chemins de fer, canalisations de rivières, bassins et docks. Il y avait bien à cela une objection : un travail n'est public que s'il est exécuté en vue d'un service public. Or, les fabrications électrochimiques ou électrométallurgiques constituent une utilisation incontestablement privée des ouvrages édifiés. On tourna la difficulté par une distinction. On n'envisagea que « les usines destinées, non pas à fournir de l'énergie à une fabrique privée, mais à assurer le fonctionnement des services publics, et on décida de leur appliquer, à l'exclusion de toutes autres, la législation sur les concessions de travaux publics aux lieu et place de celle qui règle les permissions de prises d'eau, cette dernière devant rester la seule applicable aux usines d'intérêt privé jusqu'à ce qu'une loi spéciale en ait décidé autrement ». Adoptée par le Conseil d'Etat, cette solution, fut postérieurement étendue, par le Parlement, aux usines intéressant la Défense nationale qui feront appel à l'aide financière de l'Etat. (Lois du 28 septembre 1916 et du 29 juin 1917.)

Le régime de la concession, avec la limitation en durée de la jouissance de la chute, la possibilité de rachat, le retour gratuit en fin de concession, le payement de redevances proportionnelles au bénéfice, était bien de nature à calmer les scrupules de l'Administration. Mais ce résultat atteint, toutes les difficultés ne disparaissaient pas, car il s'agissait encore de fixer quelle procédure on appliquerait à l'instruction des demandes. En effet, l'assimilation des dérivations usinières à un travail public, dès que la puissance mise en œuvre serait destinée à la vente de l'énergie, comportait application de la loi du 27 juillet 1870 : « Tous grands travaux publics... ne pourront être autorisés que par une loi rendue après *enquête administrative*. Un décret impérial rendu en la forme des règlements d'administration publique et également précédé d'une *enquête* pourra autoriser l'exécution des canaux et des chemins de fer d'embranchement de moins de 20 km de longueur. » Et la forme de cette enquête était précisée par l'ordonnance du 18 février 1834 : nécessité de déposer un avant-projet faisant connaître « le tracé général de la ligne, les dispositions principales des ouvrages les plus importants et l'appréciation sommaire des dépenses », constitution d'une Commission de neuf

Digitized by Google

membres au moins et de treize au plus; dépôt pendant un mois au moins et quatre au plus, au chef-lieu de chacun des départements et arrondissements intéressés, des registres destinés à recevoir les observations du public; réunion et décision de la Commission d'enquête; consultation des chambres de commerce, etc.

D'autre part, ces formalités, préliminaires indispensables à la déclaration d'utilité publique, ne pouvaient dispenser des mesures d'instruction prescrites par le décret du 1er août 1905, rendu en exécution de la loi de 1898 et relatif aux prises d'eau, quelle que soit leur importance : visite des lieux par l'ingénieur, rapport, enquête (quinze jours de durée), décision du Conseil d'État. Enfin, une loi de 1908 décide que toute demande de concession d'eau sur des cours d'eau du domaine public fluvial, pour une dérivation d'une certaine importance, ne pourra être autorisée sans l'avis des Conseils généraux.

On conviendra que la juxtaposition ou mieux la superposition de ces textes ne devait guère faciliter le fonctionnement de la machine administrative, déjà si lente à se mouvoir. Sans doute, dans la pratique, on s'était efforcé de mener simultanément les deux instructions, celle de 1834 et celle de 1905. Mais, en l'absence d'une jurisprudence assise, les rouages inférieurs tâtonnaient, grinçaient. Il fallait mettre un peu d'ordre dans ce fatras et dégager un ensemble de règles cohérentes applicables à toutes les espèces.

II. — Tel est le but et la portée du décret du 11 avril 1918 dont nous allons maintenant résumer les principales dispositions. La procédure qu'il institue comprend trois phases :

1° Une phase préliminaire qui va du dépôt de la demande à la mise à l'enquête;

2° Une phase intermédiaire qui comprend l'enquête proprement dite;

3° La phase finale, de la clôture de l'enquête à la déclaration d'utilité publique.

La première phase se subdivise elle-même en deux temps. La demande, accompagnée d'un certain nombre de pièces, nécessaires et suffisantes pour donner une idée du projet, est adressée au ministre qui l'enregistre et, 8 jours après, la fait parvenir à l'ingénieur compétent. Celui-ci a un mois pour se faire une opinion sur le point de savoir si le projet mérite ou non d'être retenu. Il fait part de son avis au ministre qui décide s'il y a lieu de suivre ou d'abandonner.

Dans le premier cas, l'ingénieur étudie à nouveau le dossier qu'il prie le demandeur de compléter. Ceci fait et dans les quinze jours qui suivent, l'ingénieur fait part aux ministres de ses nouvelles méditations. Le ministre consulte alors le Conseil des Travaux publics et ordonne, s'il le juge à propos, la mise à l'enquête et l'ouverture des conférences.

Alors se déroule la deuxième phase où enquête, visite des lieux, conférences et consultations de corps élus, vont être menées de pair et jouer de vitesse. Le demandeur, pour la seconde fois, complète son dossier. Un mois après, l'enquête s'ouvre par un arrêté du préfet, dans chacun des départements intéressés. Dans les 10 jours qui suivent, une Commission de trois membres se réunit et doit clôturer l'enquête, après huit jours de délibération, au maximum.

Mais, pendant ce temps, bien des événements se sont déroulés. Il a été procédé à la visite des lieux, 15 jours au plus tard après la date fixée pour l'ouverture de l'enquête. Les services intéressés ont été consultés dès la constitution du dossier; ils feront connaître leur avis dans le mois qui suit la clôture de l'enquête. Enfin, Conseils généraux, Conseils municipaux, Chambres de commerce, ont été saisis. Le Conseil général a six mois pour répondre, délai fixé par la loi de 1908; mais les Conseils municipaux et les Chambres de commerce n'ont qu'un mois pour opiner.

Enfin, s'ouvre la dernière phase : l'ingénieur, convoque, dans les quinze jours, le demandeur pour entendre ses observations. Dans les deux mois qui suivent, il doit établir et transmettre au ministre le projet de convention et de cahier des charges. Le ministre consulte le Conseil supérieur des Travaux publics et prend l'avis du ministre des Finances. Et la déclaration d'utilité publique est prononcée, suivant les cas, par une loi ou un décret.

III. — Il est aisé de voir que le ministre des Travaux publics s'est inspiré, en rédigeant ce décret, des indications données par la Commission extraparlementaire sur les formalités d'instruction qui devront s'imposer au futur Sous-Secrétaire d'État des forces hydrauliques. Toute la première phase, en effet, se trouve incluse dans le formulaire publié à la suite de l'exposé des motifs du projet de loi. Pour le surplus, l'Administration a combiné, assez heureusement, l'enquête prévue au décret de 1908 sur les distributions d'énergie et la visite des lieux ordonnée par le décret de 1905. Toutefois, le préfet qui avait, dans ce dernier décret, un rôle assez considérable à jouer, passe au second plan. On ne le voit plus apparaître que pour prendre l'arrêté d'ouverture de l'enquête et consulter les corps élus. C'est aux ministre et ingénieurs en chef que les demandeurs auront désormais affaire. Il y a là suppression d'un rouage inutile qui n'est pas pour nous déplaire. Nous ferons toutefois une réserve. C'est pousser la centralisation un peu loin que d'obliger le dossier à faire deux fois le pèlerinage de Paris avant la mise à l'enquête. Il eût été préférable, et très possible, de bloquer la prise en considération et l'ordre de mise à l'enquête, quitte à demander, dès l'abord, à l'intéressé un dossier un peu plus complet. C'est ce que fait le règlement d'administration publique italien du 24 janvier 1917 : la demande en concession, adressée au ministre, est remise en double original à l'officier du génie civil qui restitue au demandeur un des exemplaires revêtu de l'attestation de la présentation, procédure, remarquons le au passage, qui peut n'être pas toujours avantageuse, l'intéressé ignorant souvent quel est l'ingénieur compétent. Mais ce qui est à retenir, c'est le rôle de l'officier du génie

Digitized by Google

civil nanti de la demande : il fait subir à celle-ci un examen préliminaire, en relation avec l'utilisation générale du bassin et les intérêts généraux connexes, puis la transmet avec son avis, au ministre qui prononce *sur l'admission à l'instruction*, le Conseil supérieur des eaux entendu. Aussitôt après, il est procédé simultanément à l'enquête et à la visite des lieux. Il faut reconnaître que cette procédure est plus expéditive que celle prévue par le décret.

Cette réserve faite, louons sans arrière-pensée le souci avec lequel on entend préciser la nature des pièces à fournir par l'impétrant. Un arrêté général les énumérera et mettra fin à de regrettables incertitudes jusqu'ici causes de multiples retards.

Félicitons-nous également des délais prévus soit pour la consultation des services intéressés ou des corps élus, soit enfin pour régler toute la marche de la procédure. En les mettant bout à bout, nous avons calculé que la phase préliminaire occuperait deux mois, l'enquête, la visite des lieux, les conférences et consultations, sept mois et la phase finale cinq mois environ. soit quatorze mois *au maximum* pour obtenir la déclaration d'utilité publique, alors que c'est par années qu'il faut compter aujourd'hui.

On peut se demander dans quelle mesure l'inobservation des formalités prescrites et, notamment, des délais prévus lors de chaque transmission du dossier pourrait autoriser un tiers à réclamer la nullité de la procédure engagée ?

Il est tout d'abord un point qu'il importe de dégager : comme l'ordonnance de 1834, le présent décret est un acte administratif dont la connaissance échappe à l'autorité judiciaire. Il a été jugé, à cet égard, que l'acte du gouvernement déclaratif d'utilité publique qui énonce qu'il a été précédé d'une enquête administrative et que cette enquête a eu lieu dans la forme voulue, fait foi de la vérité de ces énonciations qui ne peuvent plus être contestées par l'exproprié devant l'autorité judiciaire ; que des allégations contraires peuvent d'autant moins être écoutées que l'autorité judiciaire n'est pas compétente pour juger le fond des formalités administratives. Le même arrêt de la Cour de Cassation du 10 août 1841 a déclaré que l'autorité judiciaire est sans pouvoir et sans qualité pour examiner le mérite, la régularité et la solidité des actes administratifs qui précèdent la déclaration d'utilité publique et dont l'accomplissement est confié par la loi à l'Administration. Par suite, un pourvoi en cassation ne saurait être formé au sujet de l'avis que la Commission d'enquête doit donner sur les réclamations qui lui sont présentées.

En cas d'inobservation des délais l'intéressé devra donc porter sa réclamation devant l'autorité administrative seule compétente en la matière.

Si la déclaration d'utilité publique est prononcée par une loi, les irrégularités de l'enquête sont couvertes par cette loi. Tout recours postérieur ne pourrait donc être admis. Au contraire, si la déclaration d'utilité publique est prononcée pardécret, cet acte peut être attaqué pour inexécution des formalités prescrites dans le décret.

D'une manière générale, pour que le recours pour excès de pouvoir soit admissible, *il faut nécessairement que la formalité dont l'omission est invoquée comme base du recours soit imposée par la loi pour la régularité de l'expropriation* (Conseil d'État, 1er juin 1849. Pont Asnières). Il a été jugé que, lorsqu'il résulte des pièces annexées que le projet est demeuré à la mairie pendant quinze jours (au lieu de vingt), que le commissaire enquêteur a reçu les réclamations pendant trois jours de 9 h. du matin à 5 h. du soir, que les intéressés ont été avertis plusieurs jours à l'avance par des publications et affiches et qu'un certificat du maire justifie l'accomplissement de cette formalité, il a été satisfait aux prescriptions sur les enquêtes (Conseil d'État, 11 juin 1880).

On peut conclure de tout cela que l'inobservation des délais prévus dans le projet de décret en ce qui touche les diverses transmissions du dossier, ne saurait motiver le recours pour excès de pouvoir. Ces délais, en effet, ne sont pas imposés par la loi pour la régularité de l'expropriation s'ils ne sont pas respectés. L'intéressé ne pourra que s'adresser au ministre des Travaux publics et, seulement en cas de silence de celui-ci pendant quatre mois, au Conseil d'État. (Loi du 17 juillet 1900.)

En somme, c'est au ministre qu'il appartiendra avant tout d'imposer à ses services le respect des délais qu'il leur a lui-même impartis. On peut espérer qu'il aura à cœur de le faire.

Il reste à préciser la portée du décret. Il ne s'applique, bien entendu, qu'aux installations projetées sur les cours d'eau *domaniaux* qui seuls ressortissent au ministère des Travaux publics.

Il ne modifie en rien les formalités qui suivront la déclaration d'utilité publique, notamment lorsqu'il y aura lieu de recourir à l'expropriation.

Enfin, le présent décret concerne « les travaux d'établissement d'usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public qui, aux termes de l'article premier de la loi du 27 juillet 1870, ne peuvent être exécutés qu'en vertu d'une loi ou d'un décret ». Pour l'instant, et si nous nous reportons au raisonnement par analogie tenu par l'Administration en 1914, il ne peut s'agir que des usines destinées au commerce de l'énergie ou à celles qui, intéressant la défense nationale, solliciteront une subvention de l'État. Mais, la notion de service public qui est à la base de cette distinction est destinée à s'étendre. Au début de ces lignes, nous avons noté le sens de l'évolution qui se dessinait à cet égard dans les conceptions administratives et nous ne serions nullement étonnés de voir un jour prochain le Conseil d'Etat assimiler tout aménagement de chute à un travail d'utilité publique, pour peu que la force mise en jeu soit de quelque importance. Au reste, le projet de loi soumis à la Chambre, avec quelques réserves il est vrai, ne dit pas autre chose.

Quoi qu'il en soit, retenons bien que pour les installations simplement autorisées, le décret de 1905 continuera à s'appliquer sans modifications.

G. Tochon,
Avocat à la Cour d'appel de Paris.

Digitized by Google

Législation, jurisprudence, réglementation

Décret relatif à l'établissement d'usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public.

Le « Journal officiel » du 17 avril 1918 publie, p. 3297, le décret suivant pris en date du 11 avril 1918 par le ministre des Travaux publics et des Transports.

ARTICLE PREMIER. — Les travaux d'établissement d'usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public qui, aux termes de l'article premier de la loi du 27 juillet 1870, ne peuvent être exécutés qu'en vertu d'une loi ou d'un décret rendu en la forme d'un règlement d'administration publique, donnent lieu à une instruction et à une enquête préalables dans les formes ci-après déterminées.

ART. 2. — Toute demande d'établissement d'une usine est adressée au ministre des Travaux publics.

ART. 3. — La demande énonce d'une manière distincte :

1° Les noms du cours d'eau, des départements et des communes sur lesquels les ouvrages doivent être établis et ceux des établissements hydrauliques placés immédiatement en amont et en aval;

2° L'usage auquel l'usine est destinée;

3° La durée probable des travaux.

ART. 4. — La demande est accompagnée d'un dossier comprenant :

1° Un extrait de la carte à l'échelle de un quatre-vingt millième de la région où doit se faire l'entreprise;

2° Un plan sommaire des lieux et des ouvrages projetés;

3° Le profil en long de la section du cours d'eau intéressée par les travaux ainsi que celui de la dérivation s'il y a lieu;

4° Un mémoire descriptif indiquant : *a)* les dispositions principales des ouvrages les plus importants et les changements présumés que l'exécution des travaux doit apporter au niveau et au régime des eaux, soit en amont, soit en aval; *b)* l'évaluation sommaire des dépenses d'établissement ainsi que celle des dépenses et des recettes d'exploitation;

5° Un projet de tarif maximum des prix à percevoir par l'exploitant;

6° Une note précisant, avec justifications à l'appui, les capacités techniques et financières du demandeur.

ART. 5. — Dans les huit jours au plus tard qui suivent l'enregistrement de la demande, le ministre en accuse réception et la transmet à l'ingénieur en chef chargé du service des forces hydrauliques dans le ou les départements sur lesquels les ouvrages doivent être établis.

Si plusieurs services d'ingénieurs en chef sont intéressés, le ministre désigne celui à qui sera confiée l'instruction de l'affaire et en avise le demandeur.

ART. 6. — Dans le délai maximum d'un mois, l'ingénieur en chef procède à l'examen de la demande et fait connaître son avis motivé au ministre qui décide s'il y a lieu ou non de poursuivre l'instruction de l'affaire; le ministre avise de sa décision le demandeur ainsi que l'ingénieur en chef.

ART. 7. — Si le ministre décide de poursuivre l'instruction de l'affaire, l'ingénieur en chef invite le demandeur, en la forme administrative, à compléter le dossier par la production des dessins des principaux ouvrages ainsi que de tous renseignements techniques et calculs justificatifs à l'appui, et à présenter un projet de cahier des charges; le cas échéant, il lui indique, en outre, suivant la nature de l'affaire, les autres pièces à fournir parmi celles qui seront déterminées par un arrêté général du ministre. L'ensemble de ces documents doit être produit dans le délai de deux mois, sauf prolongation justifiée par des circonstances exceptionnelles et accordée par le ministre sur la demande de l'intéressé, après avis de l'ingénieur en chef.

Si, à l'expiration du délai imparti, les documents désignés n'ont pas été fournis, l'ingénieur en chef avise le demandeur que l'affaire est classée sans suite; il en rend compte au ministre. La demande ne peut être reprise qu'en recommençant les formalités prescrites par les articles qui précèdent.

Lorsque le dossier est complété dans le délai fixé, l'ingénieur en chef le transmet au ministre dans la quinzaine qui suit la réception des pièces; il y joint ses propositions motivées en ce qui touche la mise à l'enquête.

En cas de demandes concurrentes, intéressant une même section de cours d'eau, l'ingénieur en chef indique celle qu'il estime devoir être retenue comme assurant notamment la meilleure utilisation des eaux et précise les raisons qui lui paraissent justifier ce choix.

ART. 8. — Dès la réception du dossier et des propositions de l'ingénieur en chef, le ministre provoque l'avis du Conseil supérieur des Travaux publics; il décide, sur le vu de cet avis, si la demande doit ou non être mise à l'enquête. Il notifie sa décision au demandeur et en informe l'ingénieur en chef en lui prescrivant, s'il y a lieu, d'ouvrir l'enquête ainsi que les conférences.

ART. 9. — L'ingénieur en chef invite immédiatement le demandeur en la forme administrative, à fournir les dossiers nécessaires à l'enquête et aux conférences avec les services intéressés; il fixe la composition de ces dossiers d'après la nature de l'affaire, en se conformant aux indications de l'arrêté général prévu au premier paragraphe de l'article 7. Ces dossiers doivent être fournis dans un délai de trois mois, faute de quoi, et sauf prorogation accordée par le ministre, ainsi qu'il est dit à l'article 7, l'affaire est classée sans suite, dans les conditions prévues audit article.

Aussitôt qu'il a reçu les dossiers, l'ingénieur en chef ouvre les conférences avec le service de la navigation et celui des inondations et, s'il y a lieu, avec les autres services intéressés. Les services appelés en conférence doivent faire connaître leurs observations au plus tard dans le mois qui suit la clôture de l'enquête; en l'absence de réponse ils sont considérés comme acquiesçant sans réserve au projet qui leur a été soumis.

Huit jours au plus tard après l'expiration du délai sus-indiqué l'ingénieur en chef clôt les conférences.

ART. 10. — Dans chacun des départements sur lesquels doivent s'étendre les travaux projetés, un arrêté du préfet fixe, sur la proposition de l'ingénieur en chef, la date de l'ouverture de l'enquête, indique les localités où elle est ouverte, nomme les membres de la Commission d'enquête, en désigne le président et fixe le lieu de ses réunions.

Cet arrêté est affiché dans toutes les communes riveraines du cours d'eau, depuis la limite amont du remous jusqu'à l'extrémité aval du canal de fuite. Il est justifié de cette formalité par un certificat du maire.

L'ouverture de l'enquête doit avoir lieu, au plus tard, un mois après l'expiration du délai imparti par l'article 9 ci-dessus pour la production des dossiers à l'ingénieur en chef.

ART. 11. — Chaque Commission d'enquête se compose de trois membres au moins et de sept au plus, choisis parmi les personnes spécialement qualifiées et notamment parmi les agriculteurs, ingénieurs et industriels de la région.

ART. 12. — Quinze jours au plus tard après la date fixée pour l'ouverture de l'enquête, l'ingénieur en chef fait procéder à la visite des lieux par l'ingénieur ordinaire qu'il charge de l'instruction.

L'ingénieur ordinaire annonce son arrivée aux maires des diverses communes intéressées, avec invitation de donner à cet avis la publicité nécessaire.

Il prévient directement le demandeur, les présidents des divers syndicats intéressés, les principaux usagers de la voie d'eau et toutes autres personnes dont la présence lui paraît utile et pour lesquelles il juge cet avertissement direct nécessaire.

L'avis de la visite de l'ingénieur est, par les soins du maire, publié à son de trompe ou de caisse et affiché au lieu ordinaire d'affichage des actes administratifs. Ces formalités doivent être remplies au moins huit jours avant la date fixée pour la visite de l'ingénieur. L'accomplissement en est certifié par les maires des communes où elles ont été prescrites.

ART. 13. — L'ingénieur procède à la visite des lieux en présence des maires ou de leurs représentants et des intéressés ou de leurs mandataires.

Il dresse, séance tenante, un procès-verbal indiquant l'état détaillé des lieux, les repères adoptés, les renseignements recueillis, les résultats des expériences faites; il y ajoute les observations produites, notamment les conventions amiables qui auraient pu intervenir entre les intéressés.

Lecture de ce procès-verbal est donnée aux personnes présentes qui sont invitées à le signer et à y insérer sommairement leurs observations, si elles le jugent convenable.

ART. 14. — Le projet, ainsi que les registres destinés à recevoir les observations auxquelles peut donner lieu l'entreprise projetée, restent déposés, pendant quinze jours, à la mairie de chacune des communes dans lesquelles l'enquête a été ouverte.

Digitized by Google

ART. 15. — Dans les dix jours qui suivent l'expiration du délai fixé par l'article 14 ci-dessus, la Commission d'enquête se réunit, dans chaque département, sur la convocation du préfet. Elle entend les ingénieurs dans l'exposé de l'affaire et le demandeur dans ses observations; elle recueille, auprès de toute personne qu'elle juge utile de consulter, les renseignements dont elle croit avoir besoin. Elle examine les déclarations consignées aux registres de l'enquête et donne son avis motivé, tant sur l'utilité de l'entreprise que sur les diverses questions posées par l'administration ou soulevées au cours de l'enquête.

Ces diverses opérations, dont il est dressé procès-verbal, doivent être terminées dans un délai de huit jours.

Aussitôt que le procès-verbal de la Commission d'enquête est clos, et au plus tard à l'expiration du délai de huit jours ci-dessus fixé, le président de la Commission adresse ce procès-verbal avec le registre et les autres pièces de l'enquête au préfet qui transmet immédiatement le dossier avec son avis à l'ingénieur en chef.

ART. 16. — En même temps qu'il est procédé à l'enquête, les préfets provoquent, en application de l'article 67 de la loi du 26 décembre 1908, l'avis des Conseils généraux des départements intéressés ou des Commissions départementales à qui délégation aura été donnée à cet effet; ils transmettent ces avis à l'ingénieur en chef.

Les Conseils municipaux des communes riveraines du cours d'eau dans la section aménagée, ainsi que de celles situées immédiatement en aval ou en amont, sont également invités par le préfet à délibérer sur l'utilité et la convenance de l'entreprise; il en est de même des chambres de commerce et, le cas échéant, des chambres consultatives des Arts et Manufactures dans la circonscription desquelles doivent être exécutés les travaux projetés. Les procès-verbaux des délibérations de ces assemblées doivent être adressés à l'ingénieur en chef dans le délai d'un mois à dater de la communication du dossier.

ART. 17. — L'ingénieur en chef, sur le vu des dossiers des enquêtes et des conférences, invite le demandeur à faire connaître, dans un délai de quinze jours, ses observations et propositions dans le cas où des objections ou conditions auraient été formulées, soit au cours de l'enquête, soit pendant l'instruction.

ART. 18. — Dans le délai de deux mois à compter de la clôture de l'enquête, l'ingénieur en chef transmet au ministre le dossier avec son rapport; il y joint, s'il y a lieu, le projet d'acte de concession et de cahier des charges avec l'acceptation du demandeur ou ses observations en cas de refus, ainsi que les adhésions des services intéressés ou leurs observations en cas de désaccord.

ART. 19. — Le ministre consulte le Conseil supérieur des Travaux publics et prend l'avis du ministre des Finances.

La déclaration d'utilité publique est prononcée et, s'il y a lieu, la concession accordée, soit par un décret rendu en la forme d'un règlement d'administration publique, soit par une loi, en application des dispositions de la loi du 27 juillet 1870.

ART. 20. — Le ministre des Travaux publics et des Transports est chargé de l'exécution du présent décret qui sera publié au « Journal officiel » de la République française et inséré au « Bulletin des lois ».

Proposition de loi ayant pour objet d'organiser rationnellement le commerce d'exportation et de modifier la loi du 4 mars 1898 sur l'Office national du commerce extérieur (1).

Par le fait de la guerre actuelle, la France, de créancier de l'étranger, est devenue son débiteur et, pour faire face à cette nouvelle situation, il faut organiser et développer notre production nationale dans le double but de réduire au minimum l'importance de nos importations et d'accroître, au contraire, la valeur de nos exportations pour aboutir à rétablir l'équilibre de notre balance commerciale.

Pour pouvoir conclure des affaires avec la clientèle étrangère, il faut :

1° Connaître le marché à exploiter, c'est-à-dire être au courant notamment de l'importance de la population à desservir, de ses mœurs, de ses consommations, de ses habitudes commerciales, de ses ressources et de son pouvoir d'achat; il faut connaître la situation économique du pays, ses richesses naturelles, mines, pêcheries, moyens de transport, ses récoltes, son régime douanier et ses tarifs d'importation, ses octrois, ses changes, ses frets et assurances, l'état de ses finances, etc., etc.

2° Connaître l'importance et la nature de ses importations, c'est-à-dire les pays d'origine, la nature et les conditions d'achat des produits consommés, etc.

3° Connaître les produits étrangers concurrents, c'est-à-dire connaître la fabrication, la valeur intrinsèque, la valeur marchande des produits concurrents, les conditions dans lesquelles ils sont offerts, publicité, mode et délai de règlement, etc.

4° Connaître et surveiller les concurrents étrangers, c'est-à-dire connaître leurs méthodes, leurs prix, leur chiffre d'affaires, leurs catalogues, etc.

5° Faire les produits offerts, c'est-à-dire offrir des échantillons, organiser des expositions permanentes, accepter de faire des livraisons à condition, etc.

6° Enfin, connaître et rester en relations d'affaires avec les clients, c'est-à-dire connaître l'importance de leur commerce, la nature de leur clientèle, leur solvabilité, leur moralité, les connaître enfin personnellement.

L'information que le commerçant peut avoir ne vaut que pour le moment où elle est obtenue; elle est et doit être variable avec l'état politique social, économique, commercial, constamment en évolution, du pays envisagé; et aussi avec l'activité industrielle et commerciale des pays importateurs concurrents.

Un très petit nombre de maisons possèdent des agents ou représentants à l'étranger, se tenant au courant de l'état des marchés avec lesquels ils font des affaires, et en relations personnelles avec les clients; ce mode d'information est très coûteux et n'est permis qu'aux commerçants disposant de capitaux circulants élevés et assurés par avance de réaliser de gros bénéfices.

Les Anglais et les Allemands utilisent des maisons de banque spécialisées pour leur procurer des renseignements sur les commerçants des places étrangères; ces maisons de banque pratiquent en même temps l'escompte du papier commercial.

Chez nous, rien d'analogue, nos maisons de banque se sont occupées de drainer l'épargne française à l'étranger, mais se sont toujours refusées à favoriser l'exportation de nos produits par l'escompte du papier à long terme.

Nous possédons bien une institution remarquable au service de nos exportateurs: l'Office national du Commerce extérieur, fondé dans le but de fournir aux industriels et négociants français les renseignements commerciaux de toute nature pouvant concourir au développement du commerce extérieur et à l'extension de ses débouchés dans les pays étrangers, les colonies françaises et pays de protectorat. Il est dirigé par un Comité composé du directeur, du secrétaire de la rédaction, du Président de la Chambre de Commerce de Paris, de cinq présidents de Chambres de Commerce de province et de trois membres de la Chambre de Commerce parisienne. Malheureusement, malgré les subventions de l'État, des Chambres de Commerce ou autres, son budget est insuffisant; il ne possède aucun moyen propre d'informations, et ne reçoit que les renseignements que l'autorité diplomatique et consulaire veut bien lui adresser; de plus il s'est trop confiné dans le rôle passif de celui qui attend le client plus qu'il ne l'affronte. Les publications de l'Office sont variées et rationnelles, et complétées par des informations orales ou écrites particulières au gré du client. Les publications sont les suivantes: 1° le *Moniteur officiel du Commerce* qui paraît le lundi, publie une partie économique sous la direction de l'Office (rapports

(1) Proposition de loi présentée par M. Édouard Barthe, député. *Journal officiel*, 5 janvier 1918. Documents parlementaires de la Chambre, annexe 3796, p. 1068.

Digitized by Google

commerciaux des agents diplomatiques et consulaires, informations relatives aux transports, aux statistiques, etc.) et une partie législative et douanière sous la direction du ministère du Commerce (traités de commerce, législations douanières); 2° la *Feuille d'informations*, qui paraît aussi hebdomadairement, vise davantage à la vulgarisation des informations les plus importantes du *Moniteur*, parce qu'elle est affichée dans tous les lieux public, gares, mairies, banques, etc.; 3° les *Dossiers commerciaux* permettent de tenir tout négociant s'occupant d'un produit commercial ou industriel déterminé, au courant des informations recueillies par l'Office sur les affaires de sa spécialité; ce sont pas des publications périodiques, elles ne naissent qu'avec l'utilité de porter à la connaissance des abonnés intéressés, les indications d'un caractère en quelque sorte confidentiel et d'une utilisation urgente; 4° les *Monographies commerciales* publient enfin les résultats d'enquêtes générales et d'études faites sur un produit ou sur un sujet déterminé à l'avance : commerce de vins à l'étranger et aux colonies, de la porcelaine, de la verrerie; régime imposé dans les différents pays au voyageur de commerce, recouvrement de créances litigieuses à l'étranger, etc.

L'Office s'efforce aussi de donner des renseignements sur la solvabilité et l'importance commerciale des commerçants établis à l'étranger, ainsi que des noms d'avocats pour le recouvrement sur place des créances litigieuses; il s'entremet également pour obtenir des communications d'échantillons et des renseignements techniques divers.

M. Edouard Barthe montre ensuite qu'il n'est pas du ressort de nos diplomates et consuls de carrière, qui n'ont pas reçu l'éducation commerciale nécessaire, de fournir les renseignements utiles pour le développement de nos exportations; il expose la nécessité d'une collaboration étroite entre le commerçant, le producteur et l'État et donne un aperçu de l'effort fait par les Américains et les Anglais pour développer leurs exportations.

Enfin, M. Edouard Barthe pense que, pour obtenir le résultat désirable vis-à-vis du développement de notre commerce extérieur, il conviendrait de réaliser, en France, l'unité de concession et la compétence de l'exécution en accordant les pouvoirs et les ressources nécessaires à l'Office national du Commerce extérieur, et d'organiser l'unité de direction en créant un Sous-Secrétariat d'État pour l'exportation réunissant les divers services qui traitent au ministère des Affaires étrangères et au ministère du Commerce, des questions relatives à nos relations commerciales extérieures; la direction du personnel consulaire relèverait de l'autorité du nouveau Sous-Secrétariat.

Pour remédier à la situation actuelle et organiser le développement de notre commerce extérieur, M. Edouard Barthe a déposé sur le bureau de la Chambre des députés le projet de loi suivant.

Proposition de loi. — ARTICLE PREMIER. — L'article 2 de la loi du 4 mars 1898, portant création de l'Office national du commerce extérieur, est ainsi complété :

« L'Office a pour mission de fournir aux industriels et commerçants français les renseignements commerciaux de toute nature pouvant concourir au développement du commerce extérieur et à l'extension de ses débouchés dans les pays étrangers, les colonies françaises et les pays de protectorat.

» Il recueille notamment des échantillons de produits étrangers pour les communiquer aux producteurs français et organise à l'étranger des expositions permanentes des produits français les plus importants.

» Pour remplir sa mission, l'Office national du commerce extérieur correspond directement avec les attachés commerciaux, les agents du corps consulaire, les agents diplomatiques lorsque ceux-ci ont une circonscription consulaire sous leur autorité et les présidents des chambres de commerce françaises à l'étranger.

» Par toutes personnes qualifiées et par des missions économiques, il procède à des études et à des enquêtes à l'étranger et auprès des chambres de commerce françaises à l'étranger, pour consolider notre commerce et créer de nouveaux courants d'affaires.

» Il accorde des bourses scolaires et des bourses de voyages à l'étranger aux élèves des écoles supérieures de commerce, de l'école des hautes études commerciales et de l'école des langues orientales.

» Les élèves consuls et les élèves vice-consuls devront, avant d'être pourvus d'un poste, faire un stage de six mois dans les bureaux de l'Office national et avoir accompli une mission économique dans le pays où ils doivent exercer. »

ART. 2. — L'article 3, paragraphes 1er et 2 de la loi du 4 mars 1898, est ainsi modifié :

« Les ressources de l'Office national du commerce extérieur comprennent :

» 1° Une allocation annuelle de 50 000 fr qui est inscrite chaque année, au budget du commerce, à un chapitre spécial intitulé : « Office national du commerce extérieur »;

» 2° Les ressources provenant de la participation de la Chambre de Commerce de Paris telle qu'elle est définie dans la convention annexée à la présente loi;

» 3° Le produit des impositions supplémentaires au principal de l'imposition des patentes;

» 4° Les subventions, dons, legs et libéralités de toute nature provenant d'établissements publics, de chambres de commerce, d'associations syndicales ou de simples particuliers. »

ART. 3. — L'article 8 de la loi du 4 mars 1898 est modifié comme suit :

« Indépendamment de l'imposition prélevée chaque année en vertu de la loi de finances du 23 juillet 1820, il sera perçu, à partir du 1er janvier 1918, sur les patentes de la circonscription des Chambres de Commerce de Paris, Lyon, Marseille, Bordeaux, Le Havre.

» Une imposition supplémentaire additionnelle au principal de la contribution des patentes dont le produit sera spécialement affecté, concurremment avec les autres ressources prévues pour cette destination, aux divers services de l'Office national du commerce extérieur.

» Cette imposition est fixée annuellement à un centime par franc pour les patentes de la circonscription de la Chambre de Commerce de Paris et à un quart de centime par franc pour les patentes des chambres de commerce de province. »

ART. 4. — L'article 9 de la loi du 4 mars 1898 est modifié comme suit :

« Au cas où de nouvelles ressources seraient rendues nécessaires par l'extension des services de l'Office, cette imposition pourra être portée à un centime par franc. La quotité du centime à percevoir sera fixé chaque année par un décret rendu dans la forme des règlements d'administration publique sur le rapport du ministre du Commerce et de l'Industrie et sur l'avis du Comité consultatif du commerce d'exportation. »

ART. 5. — L'article 10 de la loi du 4 mars 1898 est abrogé.

ART. 6. — Il est institué, près le ministère du Commerce et de l'Industrie, un Comité consultatif du commerce d'exportation chargé de l'étude et de l'examen de toutes les questions intéressant le commerce de l'exportation évoquées dans son propre sein ou soumises par le ou les ministres.

Ce Comité procède, avec l'autorisation du ministre du Commerce, à toutes enquêtes utiles concernant le commerce d'exportation.

ART. 7. — Le Comité consultatif du commerce d'exportation comprend :

1° Treize membres de droit désignés par décret rendu en conseil des ministres;

2° Quatorze membres élus pour quatre ans par le ou les syndicats de l'exportation;

3° Quinze membres élus par les chambres de commerce;

4° Quinze membres élus par les grandes associations agricoles en attendant le vote de la loi organisant les chambres d'agriculture.

Ce Comité consultatif du commerce d'exportation désigne lui-même son président et ses secrétaires et rapporteurs. Il se réunit au moins une fois par an et approuve après examen le budget annuel de l'Office proposé par le Comité directeur.

ART. 8. — Un rapport annuel au ministre du Commerce et de l'Industrie, approuvé par le Comité directeur, rendra compte de la gestion, du fonctionnement et de l'activité de l'Office national du commerce extérieur et sera publié au « Journal officiel ».

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 19. — 11 MAI 1918.

Chronique. — Deux extraits de l' « E. T. Z. » — Comité national français de l'Eclairage. — Société de Chimie industrielle. — Académie des Sciences — Annuaire du bureau des longitudes pour l'an 1918, p. 673-674.

Section scientifique et technique. — Le système de télégraphie sans fil de l'Administration des P. T. T., par J.-B. POMEY, p. 675. — Revues, analyses et informations : Influence de la résistance et de la réactance d'induit sur les tensions aux bornes d'une commutatrice, p. 678. — La gravitation et le principe de la relativité, p. 682.

Section industrielle. — La traction électrique sur la section Spiez-Brigue du chemin de fer de Lœtschberg, par Lucien PAHIN, p. 683. — Revues, analyses et informations : Condenseurs à surface, p. 697; Les raccordements de ligne, p. 699.

Section économique et financière. — Congrès général du Génie civil (*suite*), p. 703. — Revues, analyses et informations : Le Travail et le Capital aux Etats-Unis, p. 705. — Assemblées générales : Compagnie des câbles télégraphiques, p. 707; Compagnie des Tramways de l'Ouest-Parisien, p. 707; Comptoir national d'Escompte de Paris, p. 708.

Section de législation. — Les marchés de services publics et la guerre, par L. DE LA TASTE, p. 709. — Législation, jurisprudence, réglementation : Décret portant organisation des services chargés du contrôle des chemins de fer d'intérêt général et de l'étude des questions économiques et commerciales se rattachant à l'ensemble des voies de communication, p. 712.

Erratum, p. 712.

Deux extraits de l' « E. T. Z. ». — Dans notre numéro du 7 juillet nous publiions, sous le titre « Acheteurs... méfiez-vous », la reproduction d'une annonce de l' « Elektrotechnische Zeitschrift » dans laquelle une maison suisse de « capital puissant avec les meilleures relations dans l'exportation » s'offrait « par l'intermédiaire d'Alfred Reichart à Hambourg » à reprendre, après la guerre, l'exportation des produits électrotechniques allemands. En mettant ainsi en garde nos lecteurs contre l'infiltration des produits allemands par la Suisse, nous ajoutions qu'il ne fallait pas, de ce que quelques mercantis profitent de toute occasion de gagner de l'argent, fût-il souillé du sang de millions d'êtres humains, conclure que nous n'ayons pas parmi les neutres de bons et loyaux amis. Deux notes publiées dans les numéros des 3 et 17 janvier 1918 de l' « Elektrotechnische Zeitschrift » montrent qu'il en est bien ainsi.

La première de ces notes (*E. T. Z.*, 3 janvier 1918, t. XXXIX, p. 10), intitulée « Ein neutre haineux » (ein verhetzter Neutraler), est ainsi conçue :

Une lettre qui nous est communiquée par notre collaborateur M. Russ, ingénieur à Cologne, montre jusqu'où peut aller la haine même des neutres contre l'Allemagne. Cet ingénieur prépare un ouvrage sur les fours électriques pour la fabrication de l'acier et s'était adressé à la maison H. Cuénod de Genève en la priant de lui remettre quelques illustrations des dispositifs de réglage automatique système Thury qu'elle construit. Voici la réponse qu'il reçut :

Genève, le 26 novembre 1917.

Monsieur,

Publications sur les fours électriques.

Nous vous accusons réception de votre lettre du 17 ct et vous informons que n'ayant aucun rapport d'affaires avec les Allemands et leurs complices, et refusant toute commande qui nous parvient de ce côté, nous préférons que vous vous absteniez de toute publication sur nos appareils, et, par conséquent, nous ne pouvons pas mettre à votre disposition les clichés et plans que vous nous demandez.

Agréez, Monsieur, nos salutations distinguées,

Ateliers H. Cuénod S. A.
Le Directeur.

La seconde note, publiée sous le même titre (*E. T. Z.*, 17 janvier 1918, t. XXXIX, p. 30), ajoute les précisions suivantes :

En complément de l'entrefilet qui a paru à la page 10 de l' « E. T. Z. » 1918 sur la maison H. Cuénod de Genève, nous recevons la lettre suivante qui montre dans quel embarras se trouvent ceux qui possèdent des régulateurs Thury. Il convient donc d'éviter rigoureusement d'acheter les appareils de cette maison. Notre correspondant nous écrit :

Nous avons fait l'acquisition, avant la guerre, d'un grand nombre de régulateurs rapides, etc., système Thury, et nous avions besoin en mars 1916 de quelques balais en charbon pour les moteurs de ces appareils. La livraison nous fut refusée par

Digitized by Google

la maison Cuénod qui exigeait éventuellement en échange une autorisation d'exportation des autorités allemandes pour certaines marchandises à destination de la Suisse. Du reste, plus tard, la livraison fut purement et simplement refusée.

Il en fut de même pour la Controller G. m. b. H. de Dusseldorf qui eut pendant de longues années la représentation de la maison Cuénod et ne put obtenir aucune pièce de rechange pour les appareils système Thury en service. Malgré de pressantes réclamations, les livraisons furent refusées.

Ces deux citations indiquent nettement qu'il y a des neutres qui ne goûtent guère la Kultur tudesque et lui préfèrent la culture latine. Les commentaires de la rédaction du grand journal électrotechnique allemand nous montrent, en outre, l'attitude qu'il nous convient de prendre envers les maisons neutres qui, durant cette guerre, ont favorisé les intérêts allemands.

Comité national français de l'Eclairage. — La Commission scientifique de ce Comité s'est réunie le jeudi 18 avril, sous la présidence de M. Violle, membre de l'Institut, président du Comité, et de M. Blondel, membre de l'Institut, président de la Commission, dans le but d'étudier et de discuter les propositions envoyées par l'Illuminating Engineering Society, concernant les grandeurs et unités photométriques et leurs applications à l'industrie.

Après échanges de vues, la Commission a décidé que la discussion des grandeurs et unités photométriques elles-mêmes serait reprise après publication de la traduction des propositions américaines et après avoir pris connaissance d'une note que M. Blondel rédigera sur ces propositions.

En ce qui concerne l'emploi du lumen dans l'étalonnage industriel des lampes électriques, M. Larnaude a fait savoir que les fabricants de lampes étaient disposés à l'adopter pourvu qu'ils puissent se procurer des appareils commodes et pratiques pour la mesure du flux lumineux, notamment des sphères intégrantes. M. Armagnat a été chargé de suivre cette question et de préparer un rapport sur le sujet.

Société de Chimie industrielle. — Séance du 29 avril. — La dernière séance mensuelle de la Société de Chimie industrielle a été tenue en l'hôtel du Comité des Forges, 7, rue de Madrid, sous la présidence de M. Kestner.

Après un exposé, présenté par le président, des progrès réalisés par la Société dont la fondation remonte exactement à un an, M. Granger, chef des Laboratoires d'essai et professeur de Technologie céramique à la Manufacture nationale de Sèvres, a fait une conférence sur *le grès dans l'industrie chimique*, que nous ne faisons que signaler en raison de l'intérêt spécial du sujet traité; retenons-en toutefois que, au début de la guerre, alors que la France était tributaire de l'Allemagne, non seulement pour certaines matières premières, mais aussi pour un grand nombre de produits manufacturés, M. Granger étudia les matières utilisées dans la fabrication du grès, matières qui se rencontrent toutes dans notre sol.

M. Matignon, professeur au Collège de France, fit ensuite une communication sur *les groupements industriels et l'amélioration des rendements dans la grande industrie chimique*, communication dont la portée s'étend au delà du domaine de cette industrie. Après avoir constaté qu'on a actuellement tendance à grouper les industries similaires en consortiums chargés de répartir les matières premières, et, d'une façon générale, de traiter directement avec l'Etat la question de la production et de l'établissement des prix de vente, le conférencier fait observer que cette tendance pourrait être mise à profit pour étudier systématiquement l'économie des matières premières, l'amélioration des rendements, et, par suite, l'abaissement des prix de revient. Il fait ensuite ressortir ce qui a été fait en Angleterre où fonctionne un Service central de statistique dépendant du ministère des Munitions et Explosifs.

Ce Service ne comporte, d'ailleurs, que deux fonctionnaires. Il réunit chaque semaine les renseignements les plus complets, particuliers à chaque usine (production, main-d'œuvre, etc.), les traduit en graphiques et établit des moyennes. Par la comparaison des prix de revient et une discussion mensuelle des écarts, discussion à laquelle sont convoqués les directeurs d'usine, ce Service central a déjà permis de réaliser une amélioration progressive du rendement, une diminution de consommation inutile de la matière première, et, par suite, en 1917, *une économie d'environ 150 millions de francs*.

La mesure se généralise et se complète : la métropole envoie les renseignements recueillis aux colonies où l'on recherche sur place les raisons des écarts constatés dans le prix des matières provenant de chaque pays.

Cette unification dans le travail des usines britanniques tend ainsi vers sa forme la plus parfaite, et, en même temps qu'elle rendra plus facile la lutte économique d'après-guerre, elle contribuera à abaisser le prix de la vie. Aussi le conférencier conclut-il qu'il serait à souhaiter qu'un office identique de centralisation fût établi en France.

Académie des Sciences. — Séance du 29 avril 1918. — Parmi la correspondance adressée en cette séance à la savante assemblée, nous signalons en particulier à nos lecteurs les notes suivantes : *Sur la résistance de l'étincelle électrique*, par M. F. Beaulard de Lenaizan; *Etat magnétique de quelques terres cuites préhistoriques*, par M. P.-C. Mercanton, et *Détermination des vitesses de refroidissement nécessaires pour réaliser la trempe des aciers au carbone*, par M. P. Chevenard.

Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1918 (1). — Ce recueil, si précieux pour tous les renseignements qu'il contient, renferme cette année, après les documents astronomiques, des tableaux relatifs à la métrologie, aux monnaies, aux heures légales, à la météorologie, à la réfraction astronomique, au magnétisme terrestre, aux données physiques et chimiques.

Ces documents sont suivis de très intéressantes notices : *Les Cadrans solaires*, par G. Bigourdan; *L'heure en mer*, par J. Renaud; *Le soleil et le magnétisme terrestre*, par M. Hamy; *La vie et l'œuvre de Gaston Darboux*, par Emile Picard.

(1) Un volume 16 cm × 12 cm, x-870 p, 33 fig., 5 cartes célestes, 3 planches magnétiques et 1 portrait. Gauthier-Villars, éditeur. Prix, 3 fr net, franco 3,35.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Le système de télégraphie sans fil de l'Administration des P. T. T.

M. Bouthillon, ingénieur des Télégraphes a réalisé un nouveau système de production d'ondes herziennes pour la télégraphie sans fil, en chargeant le condensateur par une force électromotrice constante. L'auteur de l'article ci-dessous étudie ce système au point de vue mathématique et en tire d'intéressantes conséquences.

On désigne actuellement sous ce nom le système suivant, qui a fait l'objet des travaux de M. Bouthillon, ingénieur des télégraphes.

On charge un condensateur avec une force électromotrice constante E, puis, lorsque le potentiel atteint la valeur v, il part une étincelle à l'éclateur. A ce moment, l'intensité du courant de charge était i_0 et l'énergie magnétique emmagasinée dans le circuit de charge était $\frac{1}{2}Li_0^2$; elle représente l'inertie électrique du système et l'on admet, à titre de première approximation, qu'elle reste constante pendant la durée de l'étincelle, qui est considérée comme instantanée, bien qu'elle soit le siège d'oscillations de haute fréquence. Immédiatement, le potentiel est ramené de la valeur v à zéro et le condensateur se recharge sous force électromotrice constante, avec cette condition initiale que le courant part de i_0. A un moment où le potentiel est redevenu v, part une nouvelle étincelle, le courant ayant la valeur i_1. Le condensateur se décharge instantanément et la force électromotrice E le recharge. Tout recommence. Mais quand le réglage est bien fait, les courants i_0, i_1, i_2, etc., i_n, tendent vers une valeur limite que j'appellerai j_0. Dès lors, à chaque période, les conditions initiales redeviennent les mêmes et le régime devient un régime musical, parce que le son d'étincelles est devenu musical.

Cela posé, voici les équations du problème.

Je compte le courant de charge i positivement dans le sens de la force électromotrice constante E et j'appelle V l'excès de potentiel, sur l'autre armature, de l'armature du condensateur reliée à la borne + de la source E. Soit q la quantité d'électricité de cette armature. J'appelle L le coefficient de self-induction, R la résistance du circuit de charge, C la capacité du condensateur. Et j'ai

$$L\frac{di}{dt}+Ri=E-\frac{q}{C}. \tag{1}$$

$$i=\frac{dq}{dt}. \tag{2}$$

D'où

$$L\frac{d^2q}{dt^2}+R\frac{dq}{dt}+\frac{q}{C}=E. \tag{3}$$

Cette équation a, comme on sait, pour solution

$$q=CE+q_1,$$

q_1 étant la solution générale de l'équation sans second membre

$$L\frac{d^2q}{dt^2}+R\frac{dq}{dt}+\frac{q}{C}=0. \tag{4}$$

Or, je pose

$$\omega=\sqrt{\frac{1}{LC}-\frac{R^2}{4L^2}},\quad \beta=\frac{R}{2L},\quad r\cos\theta=-\beta,\quad r\sin\theta=\omega, \tag{5}$$

de sorte que θ est compris entre $\frac{\pi}{2}$ et π; enfin je considère les quantités

$$A=\frac{e^{-\beta t}\sin(\omega t-\theta)}{\sin\theta}, \tag{6}$$

$$\frac{dA}{dt}=A'=re^{-\beta t}\frac{\sin\omega t}{\sin\theta},$$

$$\frac{d^2A}{dt^2}=A''=r^2e^{-\beta t}\frac{\sin(\omega t+\theta)}{\sin\theta},$$

$$\frac{d^3A}{dt^3}=A'''=r^3e^{-\beta t}\frac{\sin(\omega t+2\theta)}{\sin\theta},$$

quantités qui sont telles que l'on a, pour $t=0$,

$$A=-1,\quad A'=0,\quad A''=r^2, \tag{7}$$

et qui, de plus, satisfont toutes à l'équation (4). Il en

Digitized by Google

résulte que l'on a la solution ci-après, vérifiable à vue,

$$q = CE + CEA + \frac{i_0}{r^2} A', \tag{8}$$

$$i = \frac{dq}{dt} = CEA' + \frac{i_0}{r^2} A'', \tag{9}$$

car pour $i = 0$, on a $q = 0$ et $i = i_0$.

Deux cas sont alors à distinguer.

1° Cas de l'éclateur tournant. En ce cas, la période est déterminée par le nombre de dents de l'éclateur et par le nombre de révolutions à la minute. Soit τ cette période: si je remplace t par τ dans A' et A'' qui figurent dans l'équation (9), ces quantités sont des constantes, et j'ai

$$i_n = CEA' + i_{n-1} \frac{A''}{r^2}, \tag{10}$$

d'où

$$i_n = \frac{CEA'}{1 - \frac{A''}{r^2}} + \left(\frac{A''}{r^2}\right)^n. \tag{11}$$

Or on a

$$\frac{A''}{r^2} = e^{-\beta t} \frac{\sin(\omega t + \theta)}{\sin\theta}, \tag{12}$$

dont la dérivée s'annule (voir A''') pour $\omega t_1 + \theta = \pi - \theta$, c'est-à-dire pour $\sin(\omega t_1 + \theta) = \sin\theta$, de sorte que le maximum de $\frac{A''}{r^2}$ est $e^{-\beta t} < 1$, d'où

$$\lim i_n = \frac{CEA'}{1 - \frac{A'}{r^2}} = i_0, \quad \text{pour} \quad n = \infty. \tag{13}$$

On arrive donc bien au régime musical.

2° Cas de l'éclateur fixe. En ce cas, l'étincelle éclate quand on a $q = Cv$, c'est-à-dire, en appelant Q cette valeur, à l'époque τ pour laquelle on a

$$Q = CE + CEA + i_0 \frac{A'}{r^2}. \tag{14}$$

Le régime musical sera atteint, si, de plus, l'équation (9) donne

$$i = CEA' + \frac{i_0}{r^2} A''. \tag{15}$$

Soient donc i_0 et τ les racines des deux équations (14) et (15) en i_0 et t.

Je dis que le régime est stable. Partons, en effet, de $i_0 + \delta i_0$, on aura

$$\delta Q = 0 \quad \text{ou} \quad \frac{dq}{dt}\delta t + \frac{dq}{di_0}\delta i_0 = 0, \tag{16}$$

$$\delta i_1 = \frac{di}{dt}.\delta t + \frac{di}{di_0}\delta i_0. \tag{17}$$

Or, on a

$$\frac{dq}{dt} = i = i_0 \quad \text{et} \quad \frac{di}{dt} = CEA'' + \frac{i_0}{r^2} A'''.$$

Donc les équations (16) et (17) deviennent d'après (8) et (9)

$$i_0 \delta t + \frac{A'}{r^2} \delta i_0 = 0, \tag{18}$$

$$\delta i_1 = \left(CEA'' + \frac{i_0}{r^2} A''\right) \delta t + A'' \delta i_0. \tag{19}$$

En éliminant δt, entre ces deux équations, il vient

$$\delta i_1 = \delta i_0 \left(-\frac{CEA'A''}{r^2 i_0} - \frac{A'A'''}{r^4} + \frac{A''}{r^2}\right). \tag{20}$$

Remplaçons $\frac{CEA'}{i_0}$ par sa valeur tirée de l'équation (15), il reste

$$\delta i_1 = \delta i_0 . \frac{A''^2 - A'A'''}{r^4}. \tag{21}$$

Or, d'après l'équation (16) et les suivantes, on a

$$\frac{A''^2 - A'A'''}{r^4} = e^{-2\beta t} . \frac{\sin^2(\omega t + \theta) - \sin\omega t . \sin(\omega t + 2\theta)}{\sin^2\theta}, \tag{22}$$

Mais on a identiquement

$$\sin^2(\omega t + \theta) - \sin\omega t \sin(\omega t + 2\theta) = \sin^2\theta, \tag{23}$$

puisque cette équation est vérifiée pour $\omega t = 0$ ou $-\theta$ ou -2θ et que c'est une équation du second degré en $\operatorname{tg}\omega t$. Les trois racines obtenues montrent que c'est une identité, il reste donc

$$\delta i_1 = \delta i_0 . e^{-2\beta t}, \quad (t = \tau); \tag{24}$$

on aurait aussi

$$\delta i_n = \delta i_{n-1} e^{-2\beta t},$$

d'où

$$\lim \delta i_n = 0. \tag{25}$$

Donc le régime est stable.

Il est possible de donner un diagramme très simple du régime musical.

En effet, les équations (8) et (9), qui sont la solution du problème de charge, peuvent se mettre sous la forme suivante :

$$V = E + i_0 \sqrt{\frac{L}{C}} . e^{-\beta t} . \frac{\sin(\omega t + \nu - \theta)}{\sin\nu}, \tag{26}$$

$$i = i_0 e^{-\beta t} . \frac{\sin(\omega t + \nu)}{\sin\nu} \tag{27}$$

Digitized by Google

En effet, la dérivation de V donne bien

$$C\frac{dV}{dt} = i,$$

si l'on applique la règle de dérivation des fonctions périodiques amorties, qui consiste à multiplier par r la fonction et à augmenter l'angle de θ.

De plus, on a bien $i = i_0$ pour $t = 0$; enfin on aura $V = 0$ pour $t = 0$, si on détermine r par la relation

$$(28) \qquad 0 = E + i_0\sqrt{\frac{L}{C}}\frac{\sin(\nu-\theta)}{\sin\nu},$$

qui donnerait

$$(29) \qquad \operatorname{tg}\nu = \frac{i_0\sqrt{\frac{L}{C}}\sqrt{1-\frac{CR^2}{4L}}}{E-\frac{1}{2}Ri_0}.$$

Je porte $OA = E$ (fig. 1) sur le prolongement de l'axe des Y.

Soit $AB = \nu$; $OB = \nu - E$.

Sur AB, je décris le segment de cercle capable de

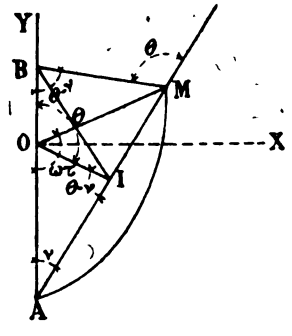


Fig 1.

l'angle $\pi - \theta$ et je prends l'intersection de ce cercle avec la spirale fondamentale. Cette courbe est la courbe qui passe par E et coupe sous l'angle θ tous les rayons vecteurs, tels que OM. On a donc

$$OM = Ee^{-\beta\tau},$$

si l'angle MOA est égal à $\omega\tau$.

Je dis que si M est le point d'intersection qui vient d'être défini, τ est la période du régime musical; c'est-à-dire qu'on a

$$(26)' \qquad \nu = E + i_0\sqrt{\frac{L}{C}}e^{-\beta\tau}\frac{\sin(\omega\tau+\nu-\theta)}{\sin\nu}.$$

$$(27)' \qquad 1 = e^{-\beta\tau}\frac{\sin(\omega\tau+\nu)}{\sin\nu},$$

$$(28)' \qquad E = i_0\sqrt{\frac{L}{C}}\cdot\frac{\sin(\theta-\nu)}{\sin\nu}.$$

Ces équations ayant pour racines τ et i_0.

J'assimile donc, sur la figure, $\widehat{AOM}$ à $\omega\tau$ et $\widehat{OAM}$ à ν. Dès lors, l'équation (27)' est une propriété évidente du triangle AOM.

De même, l'équation (26)' s'obtient par la considération des deux triangles OBM et OIA, successivement. La droite OI fait un angle θ avec BY, et je prends l'échelle des i_0 telle que l'on ait

$$(29) \qquad \text{gr. OI} = i_0\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Il vient, en effet, dans OBM

$$(30) \qquad \frac{\nu-E}{\sin(\omega\tau+\nu-\theta)} = \frac{Ee^{-\beta\tau}}{\sin(\nu-\theta)},$$

et dans le triangle OIA

$$(31) \qquad \frac{\text{gr. OI}}{\sin\nu} = \frac{E}{\sin(\theta-\nu)}.$$

En éliminant $\sin(\theta-\nu)$ entre (30) et (31) et tenant compte de (20) on retombe sur (26)'.

Enfin, l'équation (31) n'est autre que (28)', en vertu de (29).

Conséquences. — Dans le triangle AOM, j'ai

$$(32) \qquad AM^2 = E^2(1+e^{-2\beta\tau}-2e^{-\beta\tau}\cos\omega\tau),$$

puis j'ai

$$(33) \qquad AM = AI + IM.$$

Or les triangles AOI et IMO donnent

$$(34) \qquad \frac{AI}{\sin\theta} = \frac{E}{\sin(\theta-\nu)} \qquad \frac{IM}{-\sin(\omega\tau+\theta)} = \frac{Ee^{-\beta\tau}}{\sin(\theta-\nu)},$$

d'où, en vertu de (33),

$$(35) \qquad AM = \frac{E\sin\theta}{\sin(\theta-\nu)}\left(1-e^{-\beta\tau}\frac{\sin(\omega\tau+\theta)}{\sin\theta}\right).$$

D'autre part, le triangle AMB donne

$$(36) \qquad \frac{AM}{\sin(\theta-\nu)} = \frac{\nu}{\sin\theta}.$$

Si je multiplie (35) par AM et que je tienne compte de (36) et de (32), j'obtiens enfin l'équation qui donne τ en fonction de ν

$$(37) \qquad E(1+e^{-2\beta\tau}-2e^{-\beta\tau}\cos\omega\tau) = \nu\left(1-e^{-\beta\tau}\frac{\sin(\omega\tau+\theta)}{\sin\theta}\right).$$

Dans le cas de l'éclateur fixe, ν est une constante, l'équation précédente donne la période τ du régime musical.

Digitized by Google

Quelle est la valeur correspondante de i_0?
Les triangles OM1 et OAM donnent

$$(38)\quad OI = Ee^{-s\tau}\frac{\sin(\omega\tau+\nu)}{\sin(\theta-\nu)},\quad AM = \frac{E\sin\omega\tau}{\sin(\omega\tau+\nu)},$$

d'où, par multiplication,

$$(39)\qquad OI.AM = E^2e^{-s\tau}.\frac{\sin\omega\tau}{\sin(\theta-\nu)}.$$

Remplaçant OI par sa valeur (29), c'est-à-dire $i_0\sqrt{\frac{L}{C}}$ et AM par sa valeur (35), il reste

$$(40)\quad i_0\sqrt{\frac{L}{C}}.\sin\theta\left(1-e^{-s\tau}.\frac{\sin(\omega\tau+\theta)}{\sin\theta}\right)=Ee^{-s\tau}\sin\omega\tau,$$

ce qui résout le problème.

Ce système de télégraphie sans fil a donné lieu à un

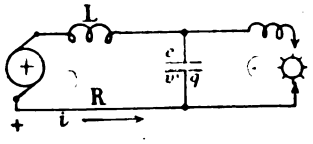


Fig. 2.

échange de notes à l'Institut. Je m'abstiendrai de prendre part à la polémique, n'ayant eu d'autre but que de mettre le lecteur au courant du système.

Lt-colonel J.-B. Pomey,
Ingénieur en chef des Télégraphes.

Revues, analyses et informations

Influence de la résistance et de la réactance d'induit sur les tensions aux bornes d'une commutatrice (1).

Dans le calcul d'une commutatrice un certain nombre de difficultés peuvent se présenter relativement à l'influence de la résistance et de la réactance de l'enroulement induit sur la relation entre la tension induite et la différence de potentiel, en charge, au collecteur et aux bagues collectrices. Ainsi, en supposant une transformation de courant alternatif en courant continu, la machine peut être considérée comme entraînée par des courants alternatifs (comme dans le cas d'un moteur synchrone), et comme produisant simultanément un courant continu, à la manière d'un générateur à courant continu entraîné mécaniquement. Si donc les courants alternatifs existaient seuls, la tension appliquée aux bagues collectrices devrait *dépasser* la tension induite entre les deux mêmes points par la chute de résistance ou de réactance dans l'enroulement provenant des courants alternatifs qui entraînen la machine ; si, au contraire, les courants continus existaient seuls, la tension aux balais devrait être *inférieure* à la tension induite par la chute de résistance que provoque la production de courant continu. Dans le cas des machines réelles où les deux courants existent simultanément, et où les bagues collectrices et le collecteur sont reliés un seul et même enroulement, il est nécessaire de considérer l'effet résultant de la superposition des deux courants.

L'auteur montre que, par suite du mouvement des bagues collectrices, relativement aux balais, toutes les tensions aux bornes ont une forme sinusoïdale quelque peu irrégulière, mais qu'il y a également une neutralisation mutuelle des deux courants au point de vue de leur influence sur les valeurs utiles des tensions aux bornes, c'est-à-dire, sur la tension moyenne au collecteur et sur les tensions fondamentales aux bagues collectrices. Il montre également que l'importance de cette neutralisation dépend essentiellement du rapport entre les valeurs des deux courants ainsi que du facteur de puissance sous lequel fonctionne la machine.

Méthode et simplifications. — La méthode adoptée consiste tout d'abord dans l'établissement de deux séries de Fourier représentant : 1° la distribution du courant dans la périphérie de l'induit due uniquement aux courants alternatifs qui alimentent la machine ; 2° la distribution correspondante dans l'enroulement du courant continu produit. Le courant total ou résultant en tout point de la périphérie, dont dépend la chute ohmique, est alors simplement la somme de ces deux séries et la chute ohmique totale entre deux points quelconques de la périphérie est proportionnelle à l'intégrale de l'expression résultante entre les deux points envisagés. Par la substitution dans l'expression ainsi obtenue des valeurs correspondant aux deux points, il est possible de déduire une expression simple de la chute ohmique totale entre tout couple de bornes ayant une importance pratique.

En considérant l'influence de la réactance de l'enroulement on observera que, bien que dans toute portion de l'enroulement le courant continu s'inverse réellement deux fois par cycle complet, l'inversion ne se produit cependant que dans une bobine à la fois, et seulement au moment où la bobine est court-circuitée par un des balais à courant continu. Pendant le reste de la période le courant continu dans une bobine a une valeur stable et par suite ne peut exercer aucune influence sur la chute totale de réactance en tout point de la périphérie. La tension réactive due au courant alternatif sera cependant efficace à la fois aux bagues collectrices et au collecteur.

On développera d'abord les deux expressions sans supposer l'existence d'un rapport quelconque entre les valeurs des deux courants et on introduira ensuite la valeur de ce rapport pour un convertisseur rotatif fonctionnant sous un facteur de puissance et un rendement donnés. En changeant alors le signe d'un des courants, les résultats pourront être rendus applicables au cas d'un « générateur à double courant », c'est-à-dire d'une machine entraînée mécaniquement

(1) S. Neuville. *Electrician*, 23 et 30 novembre 1917, t. LXXX, p. 267-269 et 304-307, 10 000 mots, 4 fig., 2 tab.

Digitized by Google

et produisant à la fois des courants continus et des courants alternatifs.

L'auteur laisse de côté la faible ondulation de très haute fréquence qui provient de ce qu'il y a un nombre fini de bobines et de lames au collecteur. Cette approximation permet de simplifier le problème et de considérer le nombre de lames du collecteur comme infiniment grand et l'enroulement comme constitué par un nombre infini de conducteurs très courts. L'induit tout entier peut alors être considéré comme remplacé par un seul fil indéfini sur lequel glissent les balais et sur lequel les prises fixes de courant alternatif ont lieu à des intervalles réguliers.

La figure 1 représente ce dispositif simplifié au moment où l'une des prises de courant alternatif (qu'on pourra

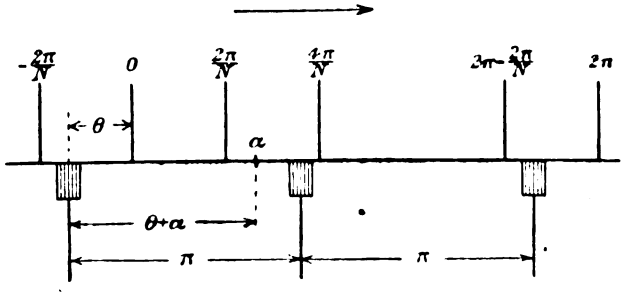


Fig. 1. — Représentation schématique de l'induit.

prendre comme origine pour toutes les mesures angulaires) s'est déplacée d'un angle θ d'un des balais à courant continu, le sens du mouvement étant de gauche à droite. La distance entre les balais successifs représente alors un angle π, et, si N est le nombre de phases (définies ici par le nombre de prises équidistantes), la distance angulaire entre les prises successives est évidemment $\frac{2\pi}{N}$.

Tension induite. — Pour le calcul de la tension induite il n'est nécessaire de considérer que les ondes fondamentales. On peut donc supposer que le flux magnétique est distribué sinusoïdalement au-dessus de la périphérie de l'induit. Sans discuter les différents facteurs qui déterminèrent sa grandeur, représentons la tension induite dans un élément périphérique de largeur angulaire $d\alpha$, à la distance angulaire α de l'origine — et par suite à la distance $(\theta + \alpha)$ de l'axe du balai — par l'expression

$$de = e_0 \sin(\theta + \alpha)\, d\alpha.$$

La tension totale induite entre deux points α et α' est alors

$$e = e_0 \int_{\alpha}^{\alpha'} \sin(\theta + \alpha)\, d\alpha = e_0 [\cos(\theta + \alpha) - \cos(\theta + \alpha')].$$

Ainsi, la tension entre les deux points $\alpha = 0$ et $\alpha = \frac{2\pi}{N}$ c'est-à-dire entre la première et la seconde prise de courant est

$$(1)\quad e_1 = e_0\left[\cos\theta - \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{N}\right)\right] = 2e_0 \sin\left(\theta + \frac{\pi}{N}\right)\sin\frac{\pi}{N}$$

De même, entre les couples successifs de prises, les tensions induites sont

$$(1)\quad \begin{cases} e_2 = 2e_0 \sin\left[\theta + 3\frac{\pi}{N}\right]\sin\frac{\pi}{N}, \\ e_3 = 2e_0 \sin\left[\theta + 5\frac{\pi}{N}\right]\sin\frac{\pi}{N}, \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ e_N = 2e_0 \sin\left[\theta + (2N-1)\frac{\pi}{N}\right]\sin\frac{\pi}{N}. \end{cases}$$

Distribution du courant alternatif. — Supposons, maintenant, que la charge prise aux conducteurs de courant alternatif soit équilibrée. Les courants dans toutes les phases de l'enroulement atteindront la même valeur maximum i_0 et le courant sera dans chaque partie en retard sur la tension induite dans la phase du même angle φ, $\cos\varphi$ désignant le facteur de puissance suivant lequel fonctionne la machine. Considérant seulement les ondes fondamentales, car les harmoniques du courant sont habituellement faibles, les courant, dans l'induit, entre les couples successifs de prises seront

$$(2)\quad \begin{cases} i_1 = -i_0 \sin\left[\theta - \varphi + \frac{\pi}{N}\right], \\ i_2 = -i_0 \sin\left[\theta - \varphi + \frac{3\pi}{N}\right], \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ i_N = -i_0 \sin\left[\theta - \varphi + (2N-1)\frac{\pi}{N}\right]. \end{cases}$$

le signe — indiquant que les courants alternatifs apportent de l'énergie à la machine.

Or, à tout instant, le courant alternatif est constant entre chaque paire de prises, en sorte qu'une courbe représentant sa distribution périphérique serait formée d'un certain nombre d'échelons. Si donc l'on représente par i_α le courant en un point quelconque α à l'instant considéré, la distribution du courant est donnée par

$$(3)\quad \begin{cases} i_\alpha = -i_0 \sin\left[\theta - \varphi + \frac{\pi}{N}\right] \text{ de } \alpha = 0 \text{ à } \alpha = \frac{2\pi}{N}, \\ \quad = -i_0 \sin\left[\theta - \varphi + \frac{3\pi}{N}\right] \text{ de } \alpha = \frac{2\pi}{N} \text{ à } \alpha = \frac{4\pi}{N} \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \quad = -i_0 \sin\left[\theta - \varphi + (2N-1)\frac{\pi}{N}\right] \text{ de } \alpha = \frac{(2N-1)\pi}{N} \text{ à } \alpha = 2\pi. \end{cases}$$

Cette distribution peut d'ailleurs être résolue en un certain nombre d'harmoniques constituant une série de Fourier de la forme

$$i_\alpha = A_0 + \sum_1^\infty A_n \cos n\alpha + \sum_1^\infty B_n \sin n\alpha.$$

L'auteur calcule l'expression des coefficients A_n, B_n. Il obtient

$$(4a)\quad A_n = -\frac{i_0}{\pi n}\sin n\frac{\pi}{N}\left\{\sin\left[N(n+1)\frac{\pi}{N} + (\theta - \varphi)\right]\frac{\sin N(n+1)\frac{\pi}{N}}{\sin(n+1)\frac{\pi}{N}}\right.$$
$$\left. - \sin\left[N(n-1)\frac{\pi}{N} - (\theta - \varphi)\right]\frac{\sin N(n-1)\frac{\pi}{N}}{\sin(n-1)\frac{\pi}{N}}\right\}$$

Digitized by Google

$$(4\,b)\quad B_n = +\frac{i_0}{\pi n}\sin n\frac{\pi}{N}\left\{\cos\left[N(n+1)\frac{\pi}{N}+(\theta-\varphi)\right]\frac{\sin N(n+1)\frac{\pi}{N}}{\sin(n+1)\frac{\pi}{N}}\right.$$

$$\left.-\cos\left[N(n-1)\frac{\pi}{N}-(\theta-\varphi)\right]\frac{\sin N(n-1)\frac{\pi}{N}}{\sin(n-1)\frac{\pi}{N}}\right\}.$$

L'auteur établit que le terme constant A_0 est nul.

Les expressions des coefficients A_n et B_n se simplifient grandement par suite de certaines relations nécessaires entre n et N. Ainsi, au numérateur de la partie fractionnaire des deux expressions, on a

$$\sin N(n+1)\frac{\pi}{N} = 0 \quad \text{et} \quad \sin N(n-1)\frac{\pi}{N} = 0,$$

pour toutes les valeurs entières de n. Les deux expressions s'évanouissent donc sauf quand l'un ou l'autre des dénominateurs est nul

$$\sin(n+1)\frac{\pi}{N} = 0 \quad \text{ou} \quad \sin(n-1)\frac{\pi}{N} = 0,$$

conditions remplies pour

$$n+1 = KN \quad \text{ou} \quad (n-1) = K'N,$$

K et K' étant des entiers positifs, K' pouvant prendre la valeur zéro.

En levant l'indétermination des termes qui prennent la forme $\frac{0}{0}$ et simplifiant les expressions, on obtient finalement

$$A_n = \pm\frac{i_0}{n\pi}\sin\frac{\pi}{N}.N.\sin(\theta-\varphi) \quad \text{pour} \quad (n\pm 1) = KN,$$

et

$$B_n = -\frac{i_0}{n\pi}\sin\frac{\pi}{N}.N.\cos(\theta-\varphi) \quad \text{pour} \quad (n\pm 1) = KN,$$

en sorte que la série de Fourier devient

$$i_\alpha = -\frac{i}{\pi}N\sin\frac{\pi}{N}\left[\sum\pm\frac{1}{n}\sin(\theta-\varphi)\cos n\alpha + \sum\frac{1}{n}\cos(\theta-\varphi)\sin n\alpha\right]_A,$$

l'indice A indique que les seules valeurs de n à considérer sont celles qui remplissent l'une des conditions $n\pm 1 = KN$, les signes $\mp$ de l'expression i_α se rapportant respectivement à ces deux conditions.

Distribution du courant continu. — Si l'on représente par I la valeur du courant entrant par un balai, le courant continu dans une branche de l'induit est naturellement $\frac{I}{2}$ et demeure constant entre des balais consécutifs. Comme ce courant est relatif à une puissance produite, sa valeur I_α en un point α peut être représentée par

$$I_\alpha = +\frac{I}{2} \quad \text{de} \quad \alpha = -\theta \quad \text{à} \quad \alpha = \pi-\theta,$$

$$I_\alpha = -\frac{I}{2} \quad \text{de} \quad \alpha = \pi-\theta \quad \text{à} \quad \alpha = 2\pi-\theta.$$

Exprimant encore la distribution périphérique par une série de Fourier, les coefficients obtenus sont

$$A_0 = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} I_\alpha d\alpha = \frac{1}{2\pi}.\frac{I}{2}\left[(\alpha)_{-\theta}^{\pi-\theta} - (\alpha)_{\pi-\theta}^{2\pi-\theta}\right] = 0$$

$$A_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} I_\alpha\cos n\alpha\, d\alpha = \frac{I}{2\pi n}\left[(\sin n\alpha)_{-\theta}^{\pi-\theta} - (\sin n\alpha)_{\pi-\theta}^{2\pi-\theta}\right]$$

$$= \frac{I}{n\pi}\sin n\theta\,[1-\cos n\pi],$$

d'où

$$A_n = 0, \text{ si } n \text{ est pair},$$

$$A_n = \frac{2I}{\pi n}\sin n\theta, \text{ si } n \text{ est impair}.$$

On a de même

$$B_n = 0, \text{ si } n \text{ est pair},$$

$$B_n = \frac{2I}{\pi n}\cos n\theta \text{ si } n \text{ est impair}.$$

La série de Fourier relative à la distribution du courant continu est alors

$$I_\alpha = \frac{2}{\pi}I\left[\sum\frac{1}{n}\sin n\theta\cos n\alpha + \sum\frac{1}{n}\cos n\theta\sin n\alpha\right]_B,$$

l'indice B indiquant qu'il faut prendre toutes les valeurs de n positives impaires.

Vitesse de variation du courant. — Comme on l'a déjà fait remarquer, l'inversion du courant continu ne doit pas entraîner de tension de réactance dans l'enroulement, en dehors de la bobine qui subit la commutation. Aussi dans le calcul de la chute de réactance dans l'enroulement, la vitesse de variation du courant total doit être prise identique à la vitesse de variation de la composante seule du courant alternatif. Ainsi, la vitesse de variation du courant en un point α est donnée par

$$\frac{\partial i_\alpha}{\partial t} = \frac{\partial i_\alpha}{\partial\theta}.\frac{d\theta}{dt} = \omega.\frac{\partial i_\alpha}{\partial\theta};$$

$\omega = \frac{d\theta}{dt}$ est la vitesse angulaire de la machine.

On obtient ainsi

$$\frac{1}{\omega}\frac{\partial i_\alpha}{\partial t} = -\frac{i_0}{\pi}N\sin\frac{\pi}{N}\left[\sum\mp\frac{1}{n}\cos(\theta-\varphi)\cos n\alpha - \sum\frac{1}{n}\sin(\theta-\varphi)\sin n\alpha\right]_A$$

ou encore, en posant $\varphi' = \varphi - \frac{\pi}{2}$,

$$= -\frac{i_0}{\pi}N\sin\frac{\pi}{N}\left[\sum\mp\frac{1}{n}\sin(\theta-\varphi')\cos n\alpha + \sum\frac{1}{n}\cos(\theta-\varphi')\sin n\alpha\right]_A.$$

Comme cette expression a une forme identique à celle de la valeur réelle du courant, l'effet de réactance du courant alternatif peut être obtenu à partir de l'effet de résistance

Digitized by Google

en remplaçant φ par φ', et, par suite, il suffira de considérer, dans la suite, la chute ohmique.

Chute ohmique. — Désignons par R la résistance de l'enroulement induit mesurée entre les balais consécutifs — c'est-à-dire la résistance des deux moitiés de l'induit, chacune de longueur angulaire π, montées en parallèle. La résistance par unité de longueur angulaire est évidemment $\frac{2R}{\pi}$. Le courant total dans un conducteur, au point α, est la somme des composantes en courant continu et courant alternatif ; par suite, la chute ohmique totale entre deux points quelconques α et α' s'obtient en intégrant la somme des expressions déjà données

$$e_r = \frac{2}{\pi} R \int_{\alpha}^{\alpha'} (I_\alpha + i_\alpha)\, d\alpha$$

c'est-à-dire

$$e_r = IR\,\frac{4}{\pi^2}\left[\sum \frac{1}{n^2}\sin n\theta\,(\sin n\alpha' - \sin n\alpha) - \right.$$
$$\left. - \sum \frac{1}{n^2}\cos n\theta\,(\cos n\alpha' - \cos n\alpha)\right]_B$$
$$- i_0 R\,\frac{2N}{\pi^2}\sin\frac{\pi}{N}\left[\sum \mp \frac{1}{n^2}\sin(\theta - \varphi)\,(\sin n\alpha' - \sin n\alpha)\right.$$
$$\left. - \sum \frac{1}{n^2}\cos(\theta - \varphi)\,(\cos n\alpha' - \cos n\alpha)\right]_A.$$

Dans cette expression générale, l'auteur introduit les valeurs des angles α et α' qui correspondent à des couples de prises de courant d'importance pratique. Il envisage les trois cas suivants ;

Premier cas. — Tension entre les balais à courant continu. — Dans ce cas, caractérisé par $\alpha = -\theta$ et $\alpha' = \pi$ — l'expression précédente se simplifie et devient finalement

$$e_r = IR - i_0 R\,\frac{4N}{\pi^2}\sin\frac{\pi}{N}\left[\sum \frac{1}{n^2}\cos(\varphi \mp KN\theta)\right]_C,$$

l'indice C indiquant que l'on ne doit prendre que les valeurs impaires de n qui satisfont à l'une des conditions $n \pm 1 = KN$.

Si l'on désigne maintenant par η le rendement de la machine, c'est-à-dire le rapport entre la puissance fournie par l'armature sous forme de courant continu et celle qu'elle reçoit sous forme de courant alternatif, on peut établir que, dans une commutatrice, on a

$$i_0 = \frac{2I}{N}\sin\frac{\pi}{N}\eta\cos\varphi,$$

d'où

$$e_r = IR - IR\,\frac{8}{\pi^2\eta\cos\varphi}\left[\sum \frac{1}{n^2}\cos(\varphi \mp KN\theta)\right]_C.$$

En faisant $K = 0$, on obtient la composante constante de la chute de résistance due au courant alternatif

$$E_r = IR\left[1 - \frac{8}{\pi^2\eta}\right].$$

qui représente la valeur moyenne de la chute de tension au collecteur, celle qu'indique tout voltmètre polarisé. On voit que cette valeur est entièrement indépendante du nombre des phases. Elle est aussi naturellement indépendante du facteur de puissance de la machine, mais elle varie grandement avec le rendement. Quand η est égal à l'unité, comme dans une machine entraînée mécaniquement par son moteur de démarrage, l'expression entre crochets a une faible valeur positive ; autrement dit, il y a aux balais une chute ohmique réelle de même sens que celle qui serait due à la production seule de courant continu, mais de valeur beaucoup plus faible. Pour de faibles rendements, cette quantité devient négative et peut être très grande pour les rendements très faibles, en sorte que la tension aux balais peut dépasser la tension induite (fig. 2).

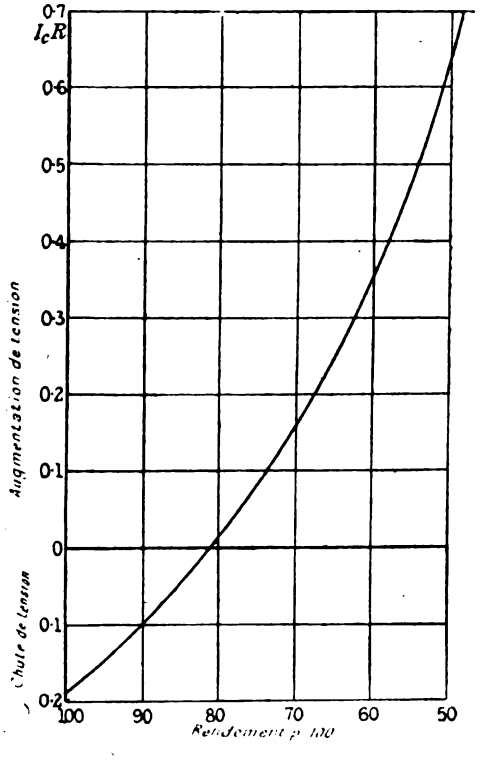


Fig. 2. — Chute de tension aux balais à courant continu.

Pour une valeur critique du rendement $\eta = \frac{8}{\pi^2}$ il n'y a aucune chute ohmique.

Deuxième cas. — Tension entre prises de courant adjacentes ou des bagues collectrices adjacentes. — Ce cas revient à faire dans l'expression générale $\alpha = 0$ et $\alpha' = \frac{2\pi}{N}$.

On obtient ainsi

$$e_r = IR\,\frac{8}{\pi^2}\left[\sum \frac{1}{n^2}\sin n\frac{\pi}{N}\sin n\theta'\right]_B - i_0 R\,\frac{4}{N}\sin(\theta' - \varphi),$$

où $\theta = \frac{\pi}{N}$.

En envisageant les tensions aux bagues collectrices, il sera généralement préférable d'exprimer la chute de tension

Digitized by Google

entièrement en fonction du courant alternatif par phase; par suite, en introduisant la valeur

$$I = i_0 \frac{N}{2} \sin \frac{\pi}{N} . \eta \cos \varphi,$$

on obtient

$$e_r = i_0 R \frac{4N}{\pi^2} \sin \frac{\pi}{N} . \eta \cos \varphi \left[\sum \frac{1}{n^2} \sin n \frac{\pi}{N} . \sin n\theta' \right]_B - i_0 R \frac{4}{N} \sin(\theta' - \varphi).$$

Les harmoniques dépendent de l'inverse du carré de leur ordre et ils sont tous faibles. Comme l'influence de tout harmonique sur la valeur efficace de l'onde est proportionnelle au carré de l'amplitude, il est évident que ces harmoniques ne peuvent avoir d'effet appréciable sur la tension mesurée aux bornes et que la chute effective de résistance peut être prise égale à la valeur efficace de l'onde fondamentale. En prenant, pour simplifier, le facteur de puissance égal à l'unité, on obtient

$$E_r = \frac{i_0}{\sqrt{2}} R \frac{4}{N} \left[\left(\frac{N}{\pi} \sin \frac{\pi}{N} \right)^2 \eta \cos \varphi - 1 \right].$$

La figure 3 représente les variations de l'expression entre crochets, changée de signe, pour divers nombres de

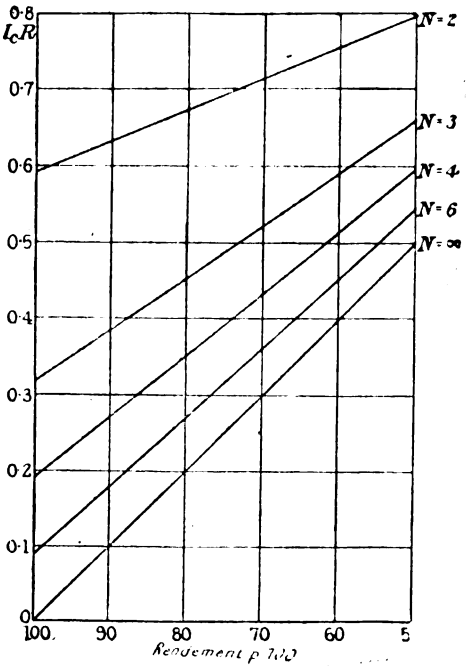


Fig. 3. — Augmentation de tension aux bagues collectrices.

phases, en fonction de $\eta \cos \varphi$. A remarquer que son signe est toujours négatif, autrement dit, que la tension aux contacts glissants, en charge, doit toujours dépasser la tension induite. A remarquer également que le terme $\frac{4R}{N}$ représente la résistance d'une phase de l'enroulement ou la résistance réelle de l'enroulement entre un couple de prises de courant consécutives.

Troisième cas. — Tension entre des prises de courant ou des bagues collectrices diamétralement opposées. — Ce cas revient à faire $\alpha = 0$ et $\alpha' = \pi$ dans l'expression générale.

On obtient dans ce cas, pour la valeur efficace

$$E_r = \frac{i_0}{\sqrt{2}} R \frac{4}{N} \frac{1}{\sin \frac{\pi}{N}} \left[\left(\frac{N}{\pi} \sin \frac{\pi}{N} \right)^2 \eta \cos \varphi - 1 \right],$$

expression identique à celle envisagée au paragraphe précédent, au facteur $\frac{1}{\sin \frac{\pi}{N}}$ près.

A noter d'ailleurs que pour $N = 2$ (machine diphasée) les cas 2 et 3 sont identiques.

Dans son travail, l'auteur applique les considérations précédentes au cas d'une commutatrice hexaphasée transformant du courant alternatif en courant continu.

Chute de réactance. — Les tensions de réactance aux divers couples d'électrodes peuvent être calculées à partir des formules précédentes en négligeant le premier terme qui se rapporte au courant continu.

Commutatrice inversée. — Le cas d'une machine transformant du courant continu en courant alternatif est identique avec celui qu'on vient d'examiner, sauf que le signe de la chute de tension doit être inversé dans chaque cas; la signification du symbole η demeure exactement la même, mais sa valeur devient cette fois supérieure à l'unité.

Générateurs a double courant. — La chute de tension dans une machine à double courant peut être calculée au moyen des mêmes formules à condition d'identifier le terme $-\eta$ avec le rapport de la puissance fournie en courant continu à celle fournie en courant alternatif. Le signe — provient de ce que les deux courants représentent une puissance produite, tandis que les équations précédentes ont été tablies dans le cas où l'un des courants fournissait de la puissance à la machine. A. B.

La gravitation et le principe de la relativité [1].

Lorsque le premier article parut en 1916, le sujet était seulement connu de quelques physiciens et mathématiciens, il en est du reste encore à peu près de même, bien que le cercle se soit notablement élargi. Le mouvement d'un corps est une chose inintelligible en elle-même, à moins qu'on ne le définisse par rapport à un autre corps qui peut être lui-même fixe ou mobile, les expériences de laboratoire sont parfaitement définies à ce point de vue, mais si nous considérons le mouvement d'un corps indépendant de la terre, par exemple, quel est le corps qui peut servir de point fixe? Le professeur A.-S. Eddington, de Cambridge, a fait sur ce sujet une conférence à la « Royal Institution » sous une forme non mathématique et en utilisant les expériences de Michelson-Morley de 1887 et de Minkowski. Il critique la théorie d'Einstein et, après avoir montré qu'une particule prend toujours le chemin demandant le moindre effort, les constantes fondamentales, gravitation, vitesse de la lumière et le quantum d'action rendent possible la création d'une nouvelle unité fondamentale de longueur égale à 7×10^{-28} cm.

(1) *Engineering*, 8 février 1918, t. cv, p. 153-154, 3 300 mots.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

La traction électrique sur la section Spiez-Brigue du chemin de fer de Lœtschberg

Les circonstances actuelles ne nous avaient pas permis jusqu'ici de décrire l'installation de traction monophasée qui a été réalisée par la Compagnie des Chemins de fer des Alpes bernoises sur la ligne du Lœtschberg entre Spiez et Brigue. Dans l'article qui suit, l'auteur décrit les installations électriques de cette ligne, les locomotives de 2 000 ch et 2 500 ch qui y ont été successivement employées, et donne des renseignements intéressants sur les résultats de l'exploitation de la ligne électrifiée.

Le chemin de fer des Alpes bernoises (Berne-Lœtschberg-Simplon) (fig. 1) fut inauguré solennellement le 28 juin 1913 et ouvert à l'exploitation électrique le 15 juillet suivant pour le service local, le 18 septembre pour le service international. C'est à la suite des résultats satisfaisants des essais de traction effectués sur la section Seebach-Wettingen, des Chemins de fer fédéraux (1) (1905-1909), que la Compagnie des Alpes bernoises décida l'installation de la traction électrique sur le tronçon Spiez-Frutigen du Lœtschberg Bahn (courant monophasé 15000 v, 15 p:sec). Cette section, donnant accès à la ligne du Lœtschberg, alors en construction, fut rachetée par la Compagnie des Alpes bernoises le 29 juin 1907. Exploitée à la vapeur depuis 1901, elle fut alors équipée électriquement dans le but d'y faire des expériences destinées à déterminer les détails de construction à adopter pour l'équipement de la nouvelle ligne. Trois voitures automotrices à quatre essieux, équipées de deux moteurs de 225 ch commandant chacun un essieu par l'intermédiaire d'une simple réduction d'engrenages et du type du chemin de fer Hambourg-Blankenese, furent mises en service et permirent de choisir les modèles des appareils à employer sur l'ensemble de la ligne de travail électrique. Puis, suivant la proposition de M. L. Thormann, ingénieur-conseil de la Compagnie, deux locomotives d'essai de 2000 ch furent livrées en 1910, comme nous le verrons tout à l'heure.

L'ouverture du chemin de fer électrique du Lœtschberg marque une date importante dans l'histoire des lignes électriques de montagne, car il s'agissait d'assurer un trafic de plus de 2000 trains-kilomètres de charge élevée, sur un parcours de 75 km en montagne.

On ne possédait notamment aucune donnée pratique au sujet du fonctionnement d'une ligne de contact à haute tension dans de longs souterrains, représentant ensemble 41,34 km de longueur, et dont l'un d'eux mesure à lui seul 14,6 km. De plus, ce dernier tunnel relie entre elles deux régions très différentes au point de vue climatérique et on pouvait craindre d'avoir à

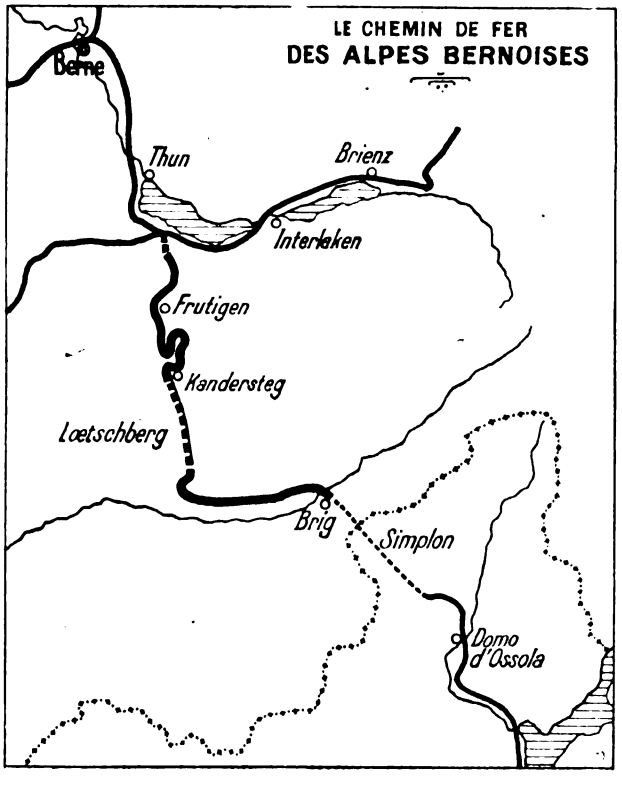


Fig. 1. — Le chemin de fer des Alpes bernoises.

combattre l'entrée en jeu de phénomènes d'électricité atmosphérique spéciaux.

Des raisons d'ordre financier ont empêché de faire des essais de longue durée. Il en est résulté, pendant les premières semaines d'exploitation, une série de pertur-

(1) Sur cette ligne, on avait expérimenté des moteurs monophasés à collecteur, compensés, de 250 ch, avec des champs commutateurs à phases décalées, des Ateliers de construction Oerlikon.

Digitized by Google

bations regrettables dont eut à souffrir parfois le public.

Cependant, les résultats obtenus sont tout à fait encourageants, car la majorité du personnel utilisé sur la ligne manquait des connaissances les plus élémentaires au sujet des installations à haute tension.

***

La ligne qui nous occupe constitue une voie internationale d'accès au Simplon. Elle est spécialement destinée à assurer le trafic entre le nord de la France et la Belgique, d'une part, Milan et Gênes, d'autre part. Longue de 73,8 km, elle franchit les Alpes bernoises par le grand tunnel du Lœtschberg, long de 14,6 km, dont le point culminant se trouve à 1 244,10 m d'altitude.

Les rampes d'accès du tunnel (fig. 2) sont :

La rampe nord, de Spiez à Kandersteg (canton de Berne), longue de 31,5 km ;

La rampe sud, de Brigue à Goppenstein (canton du Valais), longue de 26 km.

Les déclivités moyennes, grand souterrain exclus, sont de 17,4 pour 1000 sur la rampe nord, de 20,7 pour 1000 sur la rampe sud ; le maximum de déclivité atteint 27 pour 1000.

Les courbes ont un rayon minimum de 300 m. Elles entrent pour 55,2 pour 100 dans la longueur totale de la ligne, dont 17 pour 100 avec le rayon minimum.

La section Kandersteg-Goppenstein est seule établie à double voie.

Voici à quelles exigences est soumis le matériel roulant (prescriptions fédérales pour les chemins de fer à voie normale) :

1° Un effort constant au crochet d'attelage de 10000 kg ;

2° Un maximum de vitesse à la descente en pente de 27 pour 1000, avec frein double continu sur tous les essieux, de 65 km ;

3° Une vitesse à la montée sur rampe de 27 pour 1000, avec 300 t de charge remorquée de trains de voyageurs, de 50 km ;

4° Une vitesse à la montée sur rampe de 27 pour 1000,

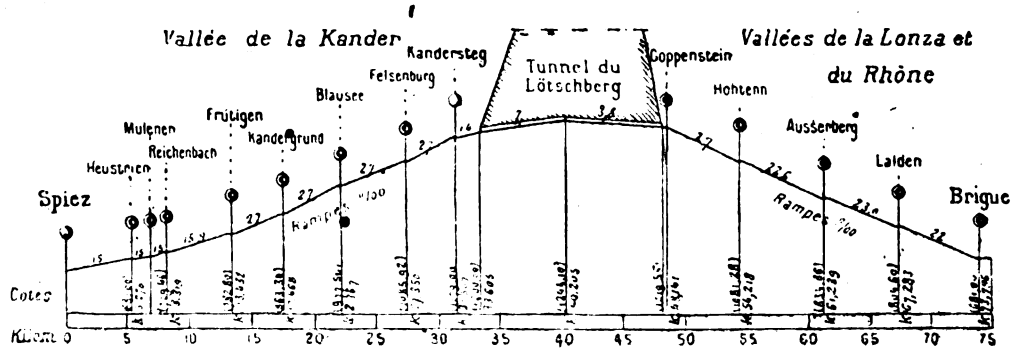


Fig. 2. — Profil en long du chemin de fer des Alpes bernoises.

avec 300 t de charge remorquée de trains de marchandises, de 45 km.

L'horaire comportait, pour l'hiver 1913-1914, par jour, dans chaque sens : 5 trains express, 3 trains omnibus, 4 trains de marchandises réguliers, plusieurs trains facultatifs et parcours à vide, soit au total 2 200 à 2 400 trains-kilomètres, ou environ 600 000 tonnes-kilomètres.

***

C'est sur la section d'essai Spiez-Frutigen que furent mises en service, en 1910, la première locomotive des Ateliers d'Oerlikon, à deux moteurs série grande vitesse de 1 000 ch chacun, à engrenages, puis un peu plus tard une locomotive à deux moteurs petite vitesse, à répulsion, sans engrenages, enfin une locomotive Brown-Boveri, de Baden, à moteurs petite vitesse, système Deri, réglables par déplacement des balais.

Celle-ci ne fut d'ailleurs essayée que pour obliger la Compagnie française du Midi.

Quant à la locomotive d'Oerlikon, dont le modèle fut seul retenu, elle était caractérisée par deux bogies portant chacun sur son cadre même un moteur de 1 000 ch, actionnant par bielles, faux arbre et engrenage trois essieux couplés. Elle marcha bien, au point de vue mécanique, jusqu'aux vitesses de 40 km à l'heure, mais elle donna lieu, vers 60 km, à des mouvements de lacets considérables. Au point de vue électrique, les moteurs se comportèrent très bien, mais les appareils de commande par contacteurs, parcourus par des courants d'une intensité exceptionnelle (3 000 à 4 000 A par équipement) donnèrent lieu à des dérangements fréquents et l'on décida de revenir au principe employé autrefois dans les équipements primitifs Sprague de commande à unités multiples et abandonné depuis longtemps, du combinateur réalisant toutes les connexions correspondant à chaque combinaison, sur un tambour unique actionné par un servo-moteur électrique. Ce servo-moteur est alimenté par du courant continu à basse tension fourni par un groupe convertisseur : moteur alternatif à collecteur et génératrice à courant continu, couplée en parallèle avec une petite batterie d'éclairage. Les résultats ont été bons.

A la suite de ces essais, la Compagnie décida, au cours de l'automne 1911, l'application de la traction monophasée sur sa ligne nouvelle pour le 1er mai 1913.

Digitized by Google

Tenant compte de l'expérience acquise, 14 locomotives de 2500 ch furent commandées aux ateliers d'Oerlikon et à la maison Brown-Boveri, pour la partie électrique, aux Ateliers suisses de Locomotives de Winterthür, pour la partie mécanique. L'exécution de l'ensemble des autres installations (lignes de contact, d'alimentation, installations de couplage, lignes de signaux, etc.) se fit sous la direction de M. L. Thormann, ingénieur en chef des installations électriques de traction de la Compagnie.

Le 12 mai 1913 eut lieu le premier parcours par l'électricité de Frutigen à Kandergrund et le 3 juin la première traversée du grand tunnel.

Fourniture et distribution de l'énergie. — USINES GÉNÉRATRICES. — L'énergie est fournie par les usines de Spiez et Kandergrund, appartenant à la Compagnie des Forces motrices de Berne. Elles travaillent avec bassins d'accumulation d'eau, ayant des volumes respectifs de 400 000 et 16000 m³ pour des chutes de 64 et 300 m. L'usine de Spiez possède deux groupes monophasés dont les générateurs ont une puissance normale de 2500 kv-a et une puissance maximum de 3750 kv-a et tournent à raison de 300 t : min. Celle de Kandergrund comporte trois groupes monophasés d'une puissance normale de 2700 kv-a et d'une puissance maximum de 4000 kv-a. Chacun de ces groupes comprend une turbine accouplée directement à un alternateur de 15000/16000 v, sans l'intermédiaire d'aucun transformateur. Jusqu'ici, il n'est résulté de ce dispositif aucun inconvénient.

Les deux centrales sont reliées entre elles par une ligne de couplage en parallèle, formée de deux fils aériens de 8 mm, les rails du chemin de fer servant de conducteur de retour. La mise en parallèle des unités des deux usines permet de répondre au maximum de la demande d'énergie sur toute la section Spiez-Brigue avec le minimum d'unités en service dans chacune.

L'usine de Spiez fournissait déjà le courant de Spiez à Frutigen. Celle de Kandergrund a été construite pour alimenter le prolongement vers Brigue.

L'énergie des centrales est reçue dans des cabines situées dans le voisinage de la ligne (dépôt de locomotives de Spiez, bâtiment de la gare de Kandergrund). Elle est comptée au kilowatt-heure utilisé. D'ailleurs, le prix du kilowatt-heure varie avec le quotient du nombre total de kilowatts-heures mensuels utilisés par la moyenne des kilowatts des six quarts d'heure les plus chargés du mois correspondant. Pour une durée d'utilisation de la pleine charge de vingt-quatre heures, le prix du kilowatt-heure serait de 2,25 centimes. En réalité, ces conditions sont irréalisables et le coût de l'énergie est toujours plus élevé. Actuellement, le rapport entre l'énergie moyenne en kilowatts-heures utilisée et les pointes momentanées en kilowatts varie de 1/4 jusqu'à 1/5.

INSTALLATIONS DE DISTRIBUTION DU CHEMIN DE FER. — La ligne de contact est constituée par un fil de cuivre de 100 mm², suspendu directement à un câble porteur en acier de 50 mm², par l'intermédiaire de pendules en fil d'acier de 4 mm de diamètre. Toutefois, dans les stations, la section des fils de contact est réduite à 55 mm², mais ils ne sont alimentés que par un bout et ne contribuent pas au transport à distance de l'énergie.

Tous les fils de contact sont reliés à une de leurs extrémités ou aux deux — suivant leur longueur, qui est généralement de 1200 à 1500 m — à des poids tendeurs, sauf dans les longs tunnels. La tension normale est de 400 kg : cm². Sous l'action des poids, le fil de contact se déplace longitudinalement et tire sur les pendules qui le relient au câble porteur. Ces derniers ont une inclinaison qui varie avec la température ambiante.

Cette disposition serait peut-être peu pratique dans le cas de traction à grande vitesse. Mais ici, il est indispensable d'obtenir une tension automatique des fils de contact dans les stations, pour éviter aux aiguilles et croisements le déraillement de l'archet (à cause des variations de température).

Les supports de la ligne de contact sont en fer : en pleine voie ce sont des fers profilés type Differdange portés par des poteaux; aux stations, des portiques en treillis (fig. 3). La portée normale est de 60 m en alignement droit; dans les courbes de rayon inférieur à 500 m, on prévoit un poteau intermédiaire à 30 m.

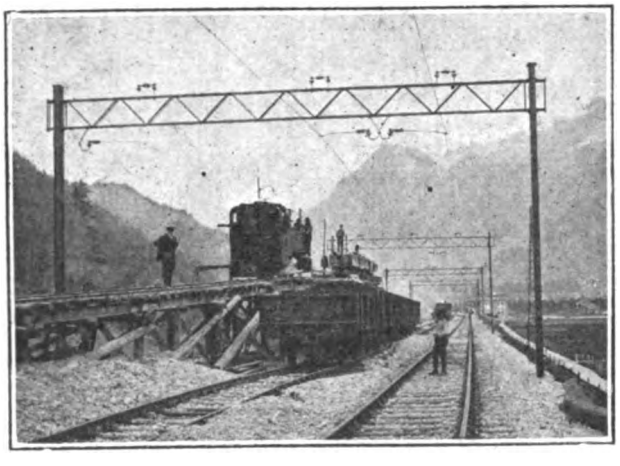


Fig 3. — Vue d'une estacade de transbordement de ballast.

Dans les souterrains (fig. 4 et 5), la ligne de contact est montée sur des supports spéciaux fixés à la voûte, par l'intermédiaire de pendules verticaux suspendus à un câble porteur bimétallique (fil d'acier de 6 mm de diamètre revêtu d'une épaisseur de cuivre de 1,25 mm). La portée est de 22 m dans le tunnel du Loetschberg et de 28 m dans les souterrains dont la voûte est surélevée de 10 cm.

Le fil de contact se trouve à une hauteur au-dessus du niveau des rails qui varie de 4,80 m (tunnels) à 6,70 m (stations). En pleine voie et à ciel ouvert, cette hauteur est de 5,70 à 6 m.

La ligne de contact est divisée en trois tronçons (Spiez-Kandergrund, Kandergrund-Kandersteg, Kandersteg-Brigue), alimentés d'un seul côté par l'une

Digitized by Google

des usines : le premier par l'une ou l'autre, à volonté; les deux autres seulement par l'usine de Kandergrund, la troisième section lui étant réunie par un feeder aérien à deux fils de 8 mm disposé le long de la voie.

Un fil d'alimentation court de plus d'un bout à l'autre de la ligne. Relié au fil de contact à chaque station, il permet la mise hors circuit de ce dernier entre deux stations.

A chaque station, la ligne de contact se subdivise en quatre sections (fig. 6 et 7) : pleine voie dans une direction, pleine voie dans l'autre direction, voies principales, voies de marchandises et de garage. Les points de sectionnement sont situés à chaque extrémité de la station: les fils de chaque section sont menés parallèlement, l'un à côté de l'autre sur la longueur d'une portée avant d'être fixés isolément. D'ailleurs, chaque section de pleine voie étant reliée normalement par les deux bouts, dans le poste de couplage en maçonnerie indépendant prévu dans chaque station, à la ligne d'alimentation, elle contribue avec celle-ci au transport de l'énergie à distance.

Le personnel ordinaire de la station peut exécuter les manœuvres de sectionnement. Des interrupteurs à huile sont prévus à cet effet au rez-de-chaussée des postes de couplage, et sont manœuvrés à la main. Seul l'interrupteur pour la voie des marchandises et les interrupteurs à maximum de Kandergrund sont commandés à distance de la station même.

Des interrupteurs à huile ordinaires placés près des interrupteurs à maximum et intercalés sur un circuit auxiliaire à haute tension, dans lequel on a branché une résistance ohmique, permettent, après chaque fonctionnement de l'interrupteur à maximum correspondant, de

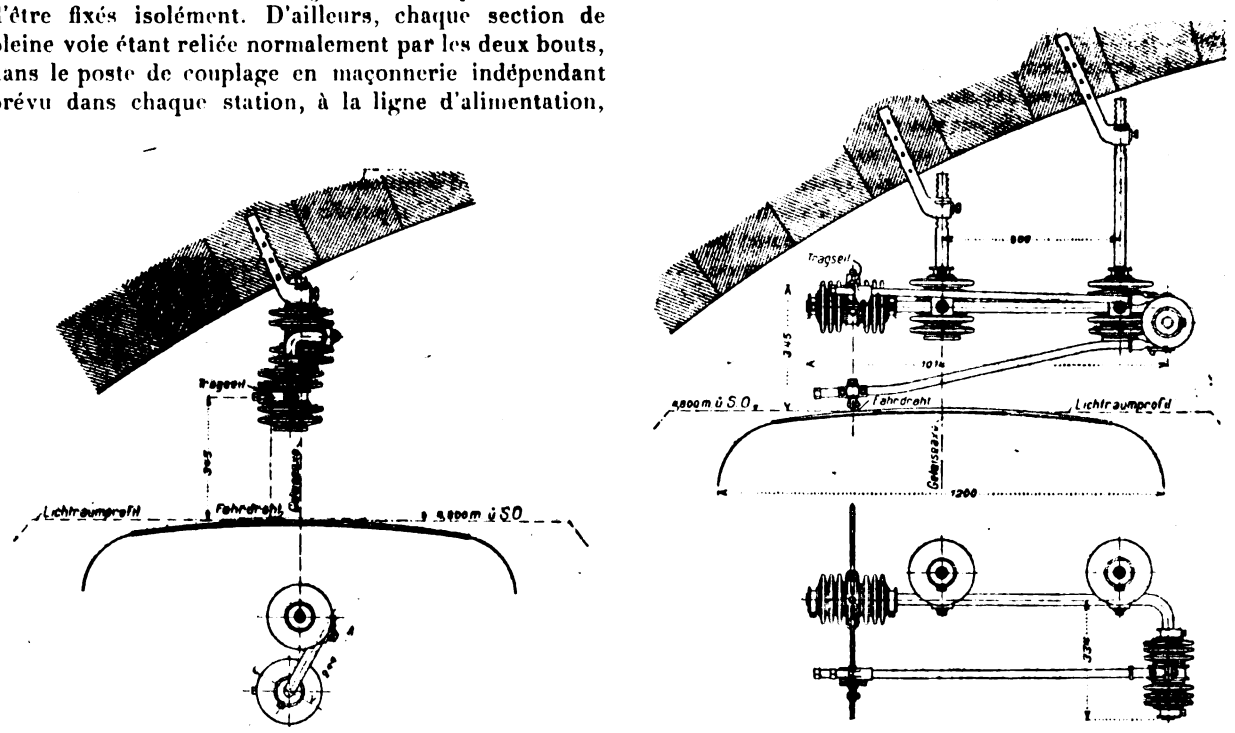


Fig. 4 et 5. — Fixation de la ligne aérienne dans les tunnels.

mettre la résistance en série sur la ligne. Cette résistance laissant passer environ 50 A sous 15 000 v, on peut s'assurer si la ligne est bien isolée avant de réenclencher l'interrupteur principal.

Pour localiser rapidement les défauts d'isolement en ligne entre deux stations, on dispose dans chaque poste de couplage un solénoïde excité par le courant de la ligne, et actionnant une sonnerie d'appel. En cas de court-circuit, tous les solénoïdes situés entre le défaut d'isolement et l'interrupteur à maximum fonctionnent, et l'agent de Kandergrund peut savoir aussitôt téléphoniquement le nom de la station la plus éloignée où la sonnerie a retenti. La section comprise entre cette station et la suivante est alors mise hors circuit et l'équipe d'entretien est dirigée sur cette section.

Entre Frutigen et Brigue, la ligne de contact est à double isolation en porcelaine en vue d'offrir une grande sécurité d'exploitation contre les perturbations d'ordre mécanique (chute de pierres, etc.). Cette disposition perd toutefois de son intérêt relativement aux perturbations d'ordre électrique : aux endroits particulièrement humides dans les tunnels, il arrive souvent qu'en cas de court-circuit, l'arc jaillit entre la ligne de contact et la terre et détruit d'un coup les deux isolateurs (perdant simultanément leur pouvoir isolant, si l'un d'eux saute, l'autre ne peut plus résister).

La ligne d'alimentation et les lignes de raccordement entre celle-ci et la ligne de contact sont à simple isolation. La ligne d'alimentation est montée sur des isolateurs en verre qui se sont montrés très robustes au montage et donnent toute satisfaction.

La protection contre les surtensions est assurée dans

Digitized by Google

chaque poste de couplage par un parafoudre à cornes, branché sur le rail principal et pourvu d'une résistance en carborundum. Les transformateurs d'éclairage constituent une protection supplémentaire.

Installations particulières a faible courant. — L'induction de la ligne de traction à haute tension sur la ligne à faible courant du télégraphe et du téléphone a exigé des précautions spéciales dans l'installation de cette dernière.

Elle comprend une partie aérienne et une partie souterraine. La première, qui va du portail sud du tunnel de Hondrich à Kandergrund et d'Ausserberg à Brigue, parcourt sur poteaux de bois un tracé éloigné du chemin de fer; les fils d'un même circuit se croisent fréquemment. Dans la partie souterraine (Kandergrund à Ausserberg), elle se compose de deux câbles armés protégés par une armature métallique, enfouis le long de la voie et isolés à l'air sec.

Les lignes ne sont pas pupinisées, mais ont été isolée

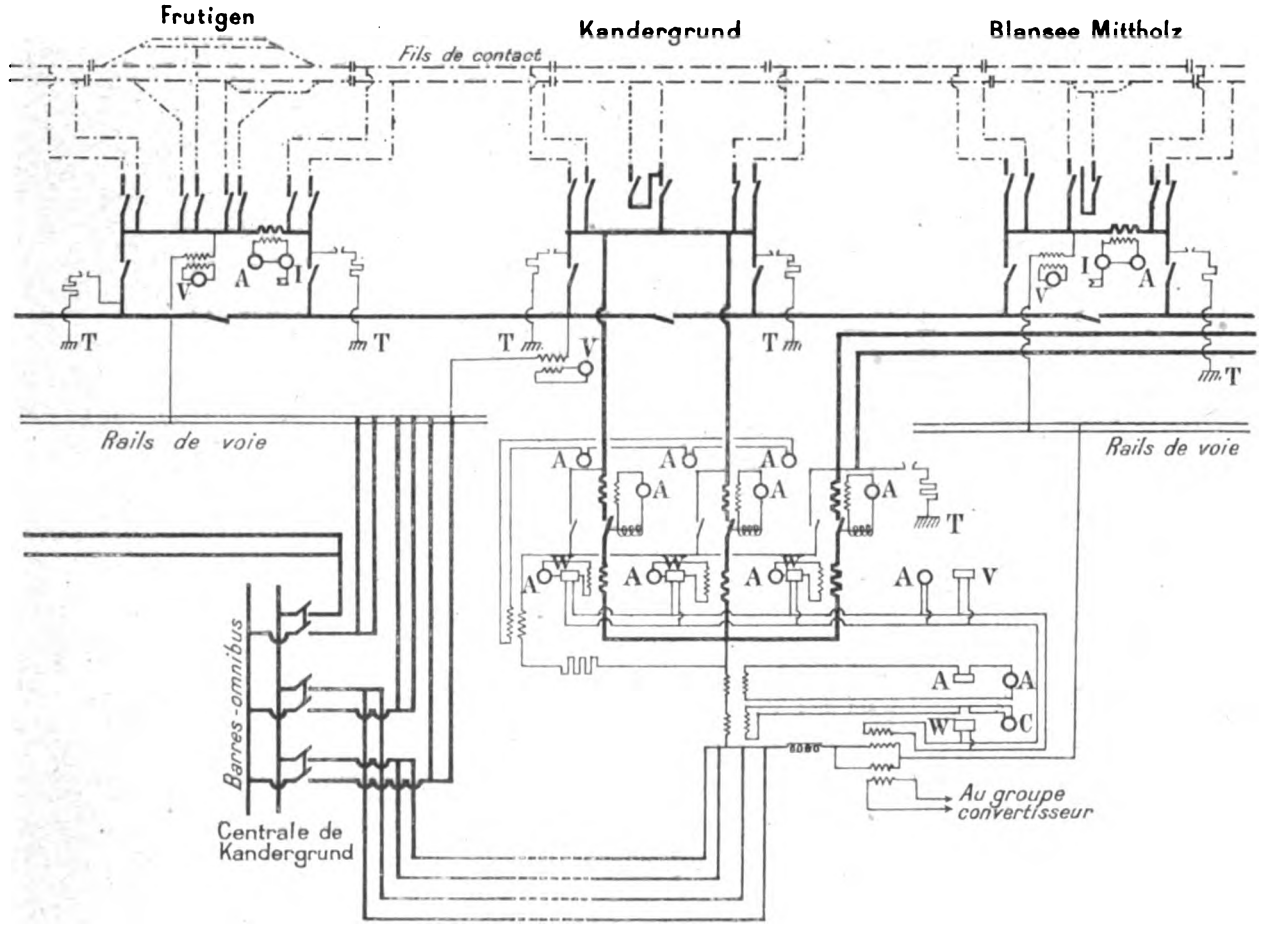


Fig. 6. — Schéma de l'installation de distribution. — Section de Frutigen à Blausee-Mittholz.

soigneusement. L'emploi de la terre comme conducteur a été soigneusement évité.

On compte 3 circuits télégraphiques, 3 circuits téléphoniques et 1 circuit de cloches (remplacées par des sirènes dans le grand tunnel du Lœtschberg).

Les locomotives électriques. — Les essais effectués en 1911-1912 avaient montré que seules des locomotives à moteurs série grande vitesse et engrenages étaient de nature à répondre aux conditions du nouveau chemin de fer. L'adoption de moteurs à faible vitesse, sans engrenages, aurait entraîné une augmentation considérable du poids de la locomotive.

De plus, la locomotive Oerlikon, type 1910, donna les meilleurs résultats quant au rendement et aux réactions des démarrages sur les génératrices. Elle exerçait un effort de traction de 10 000 kg au crochet, à la vitesse de 40 km : h, et devait le faire pendant une heure sans dépasser la limite d'échauffement fixée. On n'avait pu très bien contrôler la réalisation de cette condition.

Nous avons vu plus haut que le parcours en courbe était très dur aux vitesses voisines de 60 km : h.

Les nouvelles locomotives, type 1913 (fig. 8 et 9), exercent également un effort de traction de 10 000 kg, mais à la vitesse de 50 km : h, pendant une heure et demie. Elles doivent parcourir trois voyages aller et retour en

Digitized by Google

24 heures de Spiez à Brigue, en remorquant 300 t. On a d'ailleurs réalisé pratiquement un effort de 18 000 kg au démarrage, et un effort de 13500 kg sur rampe de 27 pour 1 000, avec un train de 310 t en remorque. La vitesse maximum possible atteint 75 km : h.

Partie mécanique. — Ces locomotives sont du type 2-10-2, à 5 essieux moteurs compris entre deux essieux porteurs. Chacun de ceux-ci est accouplé en bogie à l'essieu moteur voisin, suivant le système Krauss-Winterthur, et il a un très grand jeu latéral qui permet l'inscription de la locomotive dans des courbes de 115 m de rayon (comme celles des aiguilles). Chacun d'eux est relié au châssis par des ressorts à lames et aux essieux moteurs intérieurs, par des ressorts à lames inversés ; il a un jeu latéral de 40 mm. L'essieu central, monté sur ressorts à boudin, comporte un jeu latéral de 25 mm. Les deux essieux moteurs intérieurs ne comportent pas de jeu latéral, mais ils coulissent verticalement dans des plaques de garde. Les pivots des bogies peuvent se

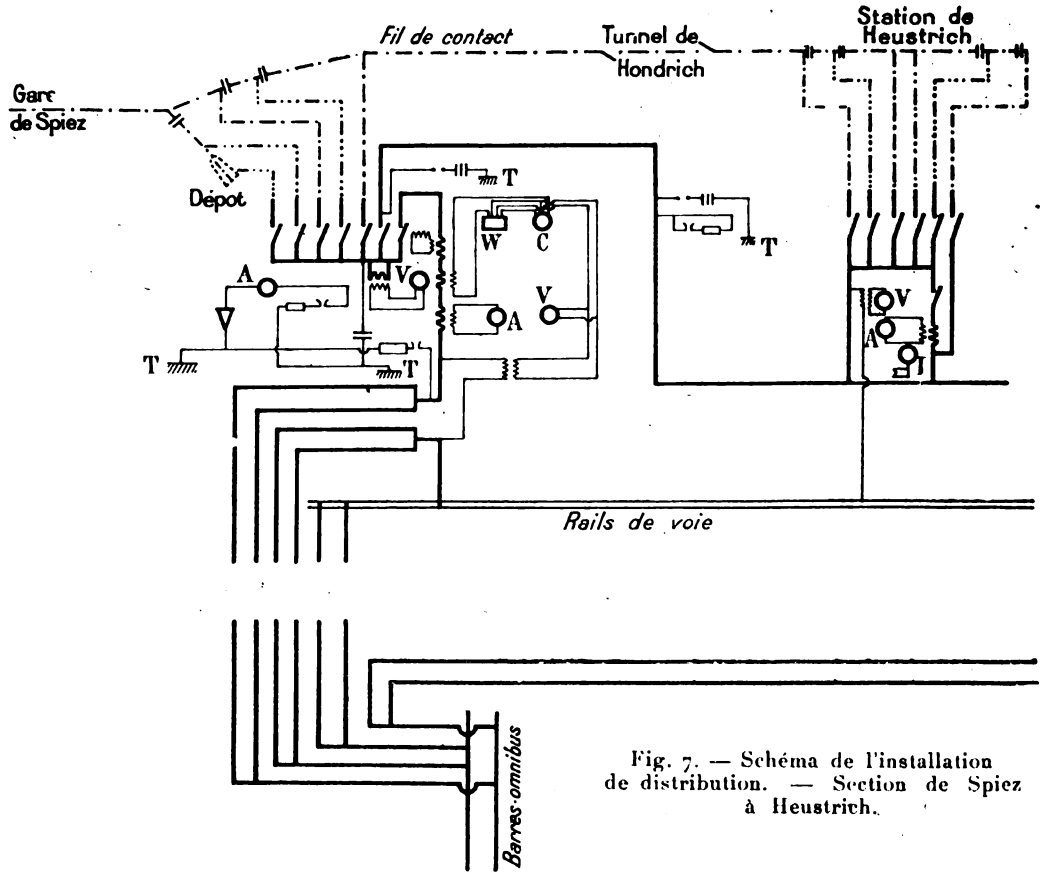


Fig. 7. — Schéma de l'installation de distribution. — Section de Spiez à Heustrich.

déplacer de 78 mm de chaque côté de l'axe principal.

Voici les caractéristiques principales des locomotives Oerlikon type 1913 :

Longueur entre tampons	16,000 m
Longueur de caisse	13,800 m
Largeur de caisse	2,970 m
Empattement total	11,340 m
Id. rigide	4,500 m
Diamètre des roues motrices	1,350 m
Diamètre des roues porteuses	0,850 m
Rapport de réduction de l'engrenage	1 : 2,23
Poids de la partie mécanique	48 t
Poids de l'équipement électrique	59 t
Poids total	107 t
Charge par essieu	16,6 t
Poids adhérent	80 t

La caisse comprend : une salle des machines placée au centre, une cabine de manœuvre à chaque extrémité et un couloir de service. Des plates-formes d'intercommunication permettent la circulation du personnel entre la locomotive et le train.

La salle des machines est ventilée artificiellement au moyen d'un moteur-ventilateur de 5 ch, à axe vertical, logé au milieu du plafond, qui peut renouveler 600 m³ d'air par minute sous 15 mm de surpression. Il assure surtout le refroidissement des moteurs au-dessus desquels il est placé, tandis que les transformateurs sont ventilés chacun par un moteur-ventilateur de 4 ch.

Le freinage, appliqué à tous les essieux, est du système à air comprimé Westinghouse. Il existe également un frein à main par cabine n'agissant chacun que sur la moitié des sabots. L'effort de freinage atteint

Digitized by Google

71800 kg, c'est-à-dire 67 pour 100 du poids de la locomotive.

Équipement électrique des locomotives. — Dans la locomotive type 1910, les équipements électrique

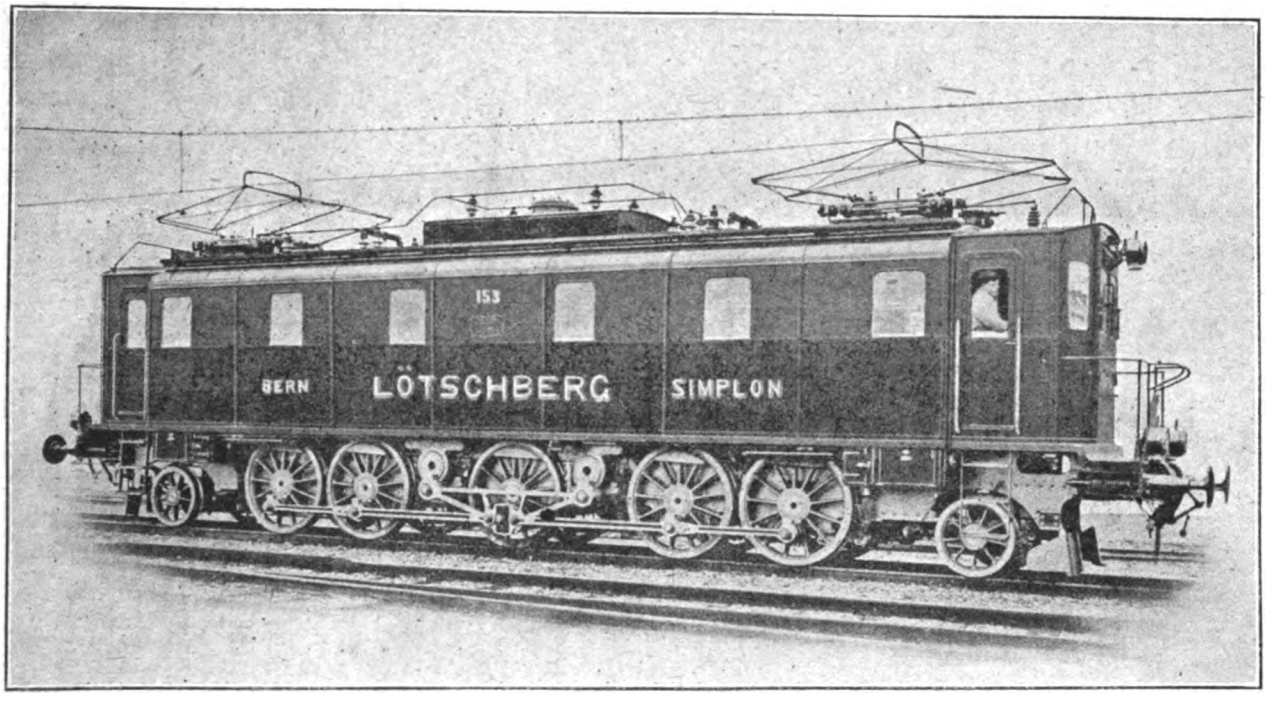


Fig. 8. — La locomotive Oerlikon de 2500 ch. du chemin de fer du Lötschberg.

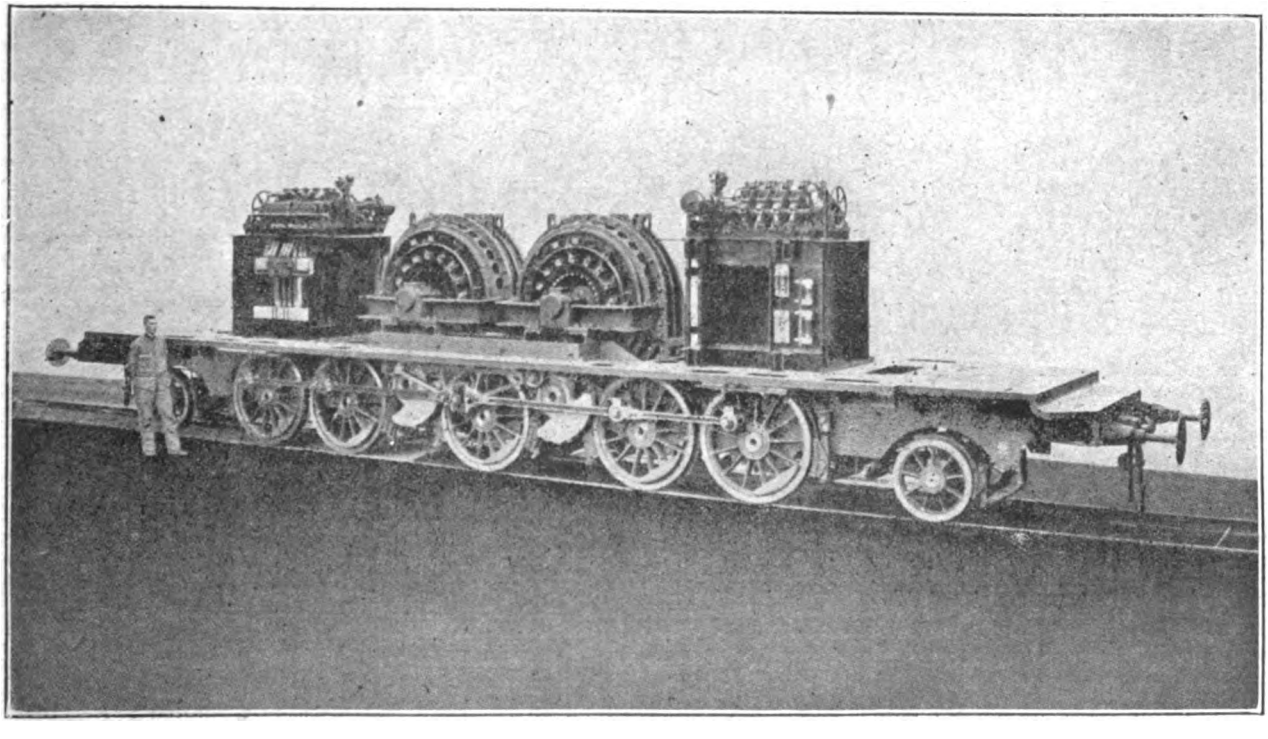


Fig. 9. — Le châssis de la locomotive, avec moteurs et transformateurs.

et mécanique étaient répartis en deux groupes, de telle sorte qu'il fût possible de marcher avec l'un ou l'autre seulement ou avec les deux ensemble. Dans le type 1913, ce principe a été observé pour la partie élec-

Digitized by Google

trique (fig. 10), car au point de vue mécanique les deux moteurs restent accouplés aux cinq essieux moteurs. On peut alors fonctionner avec un ou deux groupes transformateur-manipulateur-moteur, ou bien avec l'un des transformateurs, le manipulateur correspondant et les deux moteurs. Dans le premier cas, la locomotive fournit la moitié de l'effort de traction à pleine vitesse ; dans le troisième, c'est l'effort de traction normal à demi-vitesse.

Cette division en deux groupes distincts présente des complications dans les commandes, mais a cependant de nombreux avantages quant à l'exploitation.

Les deux archets pantographes (fig. 11), commandés à l'air comprimé, prennent le courant monophasé 15 000 v

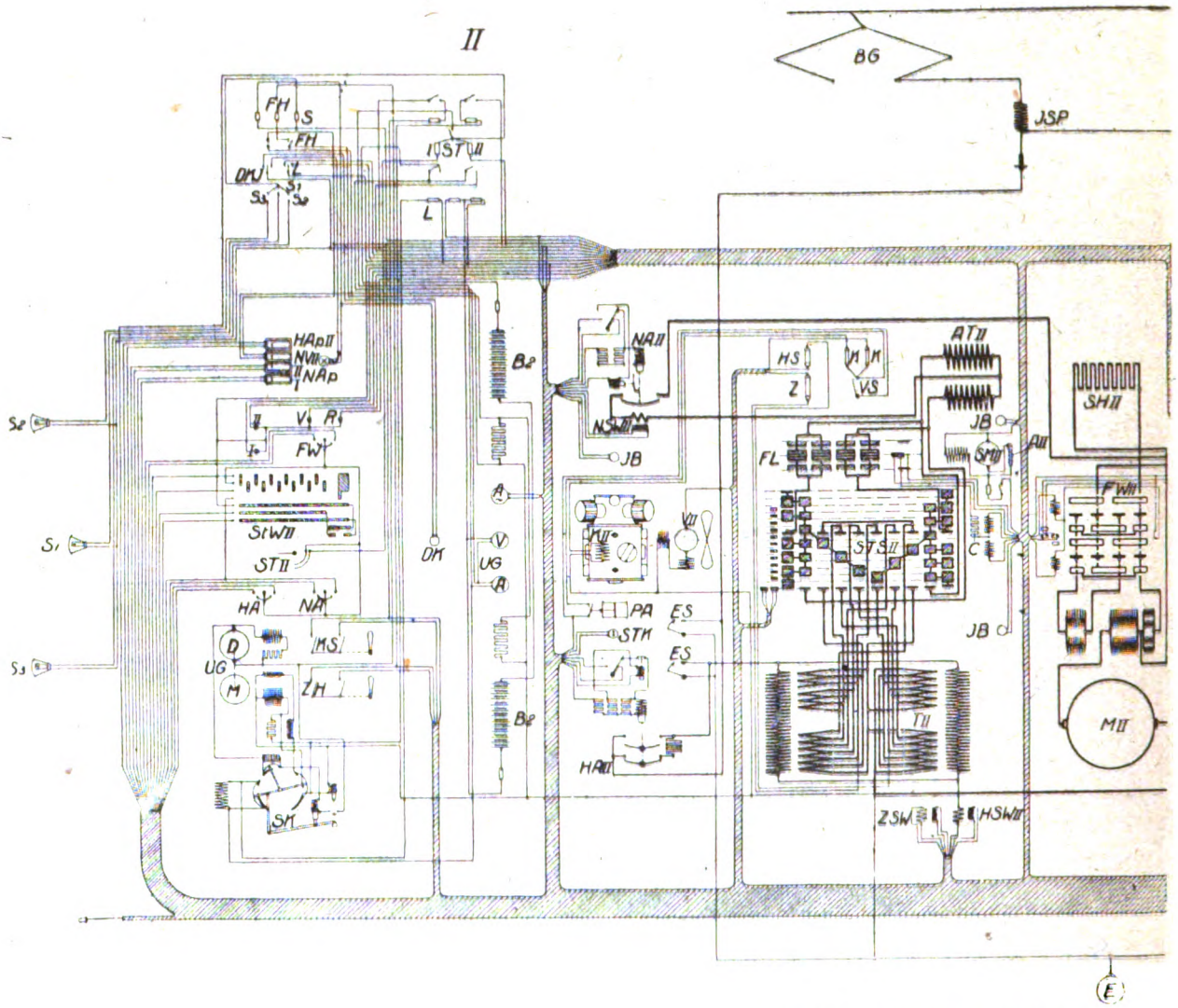


Fig. 10. — Schéma des connexions de la

sur la ligne de contact et le conduisent à chacun des deux groupes, en traversant deux bobines de self-induction. Le courant passe ensuite par un interrupteur haute tension à huile, les transformateurs principaux et les transformateurs de courant, puis il se rend aux rails de voie par l'intermédiaire de bagues collectrices montées sur les essieux.

La protection contre les surtensions est obtenue simplement par les bobines de self-induction et un condensateur Meirowsky de 0,02 microfarad.

Les interrupteurs à huile, commandés à distance ou à main, sont pourvus d'un relais à maximum et minimum et d'une résistance d'amortissement.

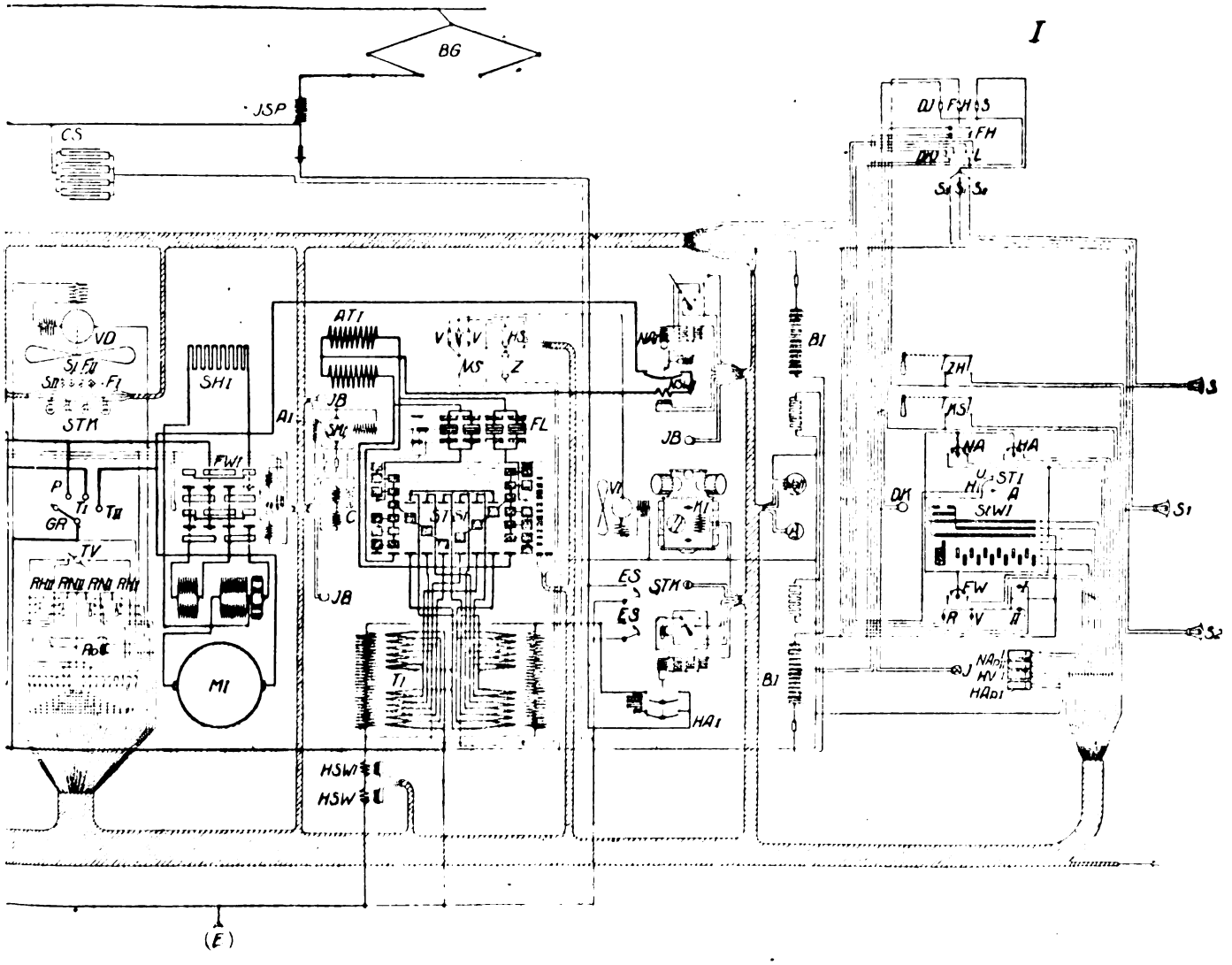
L'enroulement secondaire des transformateurs, refroidis par ventilateurs (fig. 12), comporte douze contacts pour le réglage de la vitesse des moteurs. La tension aux bornes varie de 90 à 520 v, par bonds de 45 v environ, et, à pleine charge pour 420 v, l'intensité atteint 2 700 A. Le démarrage est extrêmement doux, l'effort de traction presque constant.

Digitized by Google

Le facteur de puissance à vitesse normale est 0,95. Au démarrage sur rampe de 27 pour 1000, avec une charge remorquée de 310 t et une accélération de 0,05 mètre par seconde par seconde, la locomotive absorbe environ 50 pour 100 de l'intensité et 25 pour 100 de la puissance normale.

La tension est réglée au moyen d'un combinateur, commandé par un servo-moteur à courant continu, qui relie successivement les différentes bornes du secondaire au moteur, comme nous l'avons signalé en commençant.

Ce combinateur est fixé sur le transformateur correspondant et fait corps avec lui. Du type à tambour, il se compose essentiellement d'un cylindre principal, d'un cylindre auxiliaire et d'un appareil de commande. Le



locomotive monophasée Oerlikon de 2 500 ch.

cylindre principal réunit deux bornes successives du transformateur avec les deux branches d'un auto-transformateur dont le point milieu est relié à un des conducteurs allant au moteur par un interrupteur à bain d'huile à basse tension. On évite ainsi, au passage d'une borne à l'autre, les étincelles de self-induction qui auraient une grande importance. Le cylindre auxiliaire est à soufflage magnétique de l'étincelle et coupe ou ferme les circuits de l'auto-transformateur, en permettant la fermeture ou l'ouverture du circuit passant par le cylindre principal en l'absence de courant.

Quant à la commande, elle se compose d'un petit servo-moteur à courant continu actionnant, par l'intermédiaire d'une vis sans fin et d'une bielle, un mécanisme à cliquets et lui donnant un mouvement pendulaire. Les cliquets sont mus par de petits électro-aimants, excités de la cabine de manœuvre. Suivant la position du cliquet mis en mouvement, le cylindre auxiliaire, sur lequel se fait la rupture du courant principal, tourne d'un côté ou de l'autre, c'est-à-dire dans

Digitized by Google

le sens de la fermeture ou de l'ouverture du circuit.

Les contacts de ce cylindre, de même que les interrupteurs à basse tension et à bain d'huile, sont prévus

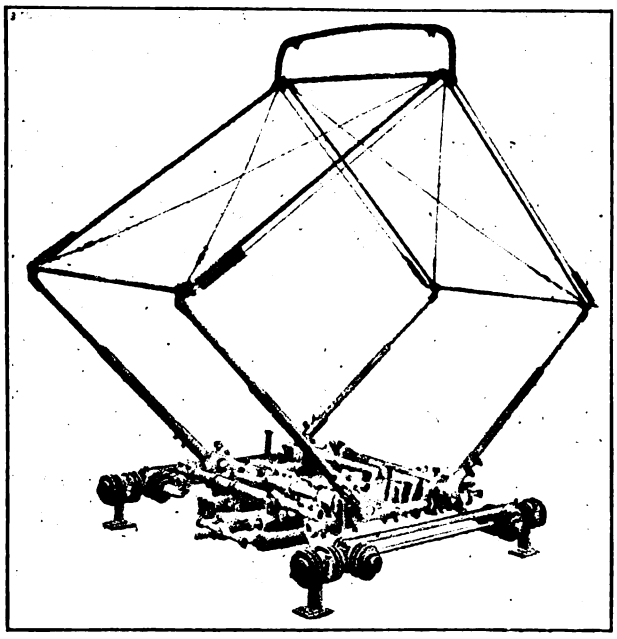


Fig. 11. — Un archet de prise de courant.

pour l'intensité maximum du courant des moteurs, soit pour 3600 A chacun, et ces derniers ont un déclenchement à courant maximum. Ils peuvent être actionnés, électriquement ou à la main, à partir des cabines de manœuvre. Entre les interrupteurs à basse tension à bain d'huile et les moteurs se trouve un petit transformateur qui alimente le relais à maximum de cet interrupteur et les ampèremètres des moteurs.

Les deux moteurs de 1250 ch chacun sont des moteurs série compensés à 16 pôles, système Oerlikon. Pesant 14 t avec leur engrenage, ils reposent directement sur le châssis qui est suspendu élastiquement. Ils agissent sur l'engrenage à double chevron des faux arbres montés rigidement sur le bâti. Ces faux arbres sont reliés par tourillons à la bielle triangulaire centrale, qui entraîne elle-même par bielles droites les essieux moteurs. Le tourillon d'entraînement de l'essieu moteur central dispose d'un jeu vertical approprié dans le palier correspondant de la bielle triangulaire.

A la vitesse normale, les moteurs tournent quatre fois plus vite qu'au synchronisme. Le couple et la vitesse sont donc à peu près indépendants de la tension et de la fréquence en ligne, le couple normal étant encore obtenu sous le tiers de la tension de régime.

La vitesse de marche de la locomotive en pleine charge pendant une heure et demie est de 50 kilomètres par heure. La puissance développée est alors 2500 ch et l'effort de traction correspondant exercé à la jante atteint 13500 kg. L'effort de traction maximum au démarrage est d'environ 18000 kg, la vitesse maximum admise s'élève à 75 kilomètres par heure.

Deux compresseurs Brown-Boveri et Cie produisent l'air comprimé nécessaire aux freins, sifflets, archets, sablières et dispositifs de protection. Leurs moteurs et les moteurs auxiliaires sont alimentés sous 118 v.

Les circuits de commande et d'éclairage sont alimentés par un groupe spécial moteur — dynamo — batterie à courant continu et mise en marche automatique.

Des enclenchements mécaniques et électriques rendent les fausses manœuvres impossibles dans les cabines, et divers appareils de mesure complètent l'équipement.

* * *

Quelques résultats. — Ces locomotives électriques ont donné, dès le premier jour de leur mise en service, entière satisfaction au point de vue de leur capacité de travail et ne donnèrent lieu au début qu'à quelques dérangements attribuables à la mise au point de la ligne de contact et des prises de courant, et à des ruptures d'isolateurs défectueux ayant pour conséquence des phénomènes de surtension à haute fréquence. Ces incidents, de courte durée, ne causèrent d'ailleurs aucune interruption du service.

Le type du moteur, la transmission par engrenages et la disposition générale des organes de ces locomotives s'adaptent bien aux conditions de la voie ferrée du

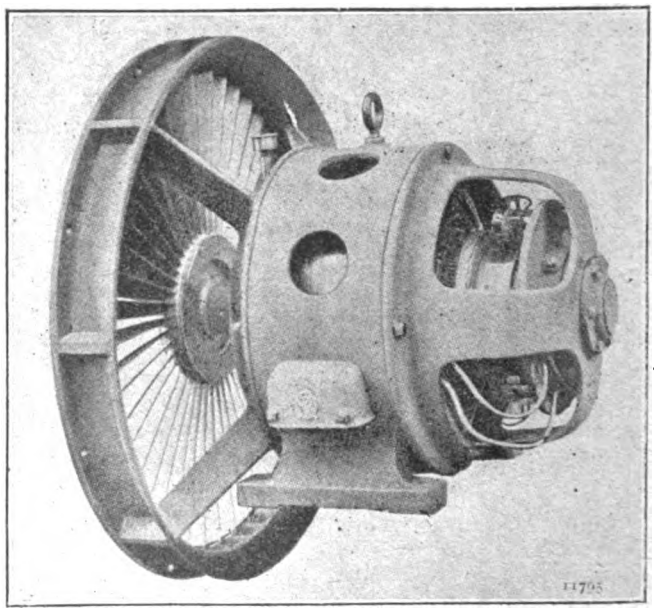


Fig. 12. — Ventilateur pour le refroidissement d'un transformateur.

Loetschberg. Mais, comme le signalait M. L. Thormann dès 1914, certains détails de construction mécaniques ou électriques laissent à désirer. C'est ainsi que les bielles

Digitized by Google

triangulaires employées sur les locomotives à cinq essieux moteurs étant des pièces qui entraînent des masses très lourdes, auxquelles on imprime des mouvements alternatifs et dans lesquelles se développent, par suite, des efforts considérables dus principalement à l'inertie des masses en jeu, il résulte une usure rapide des paliers, qui ne tardent pas à prendre du jeu, et des vibrations nuisibles à l'ensemble de la machine.

Pour augmenter l'élasticité de l'ensemble de la transmission de l'énergie mécanique, on a intercalé un élément élastique dans la jante du grand engrenage de renvois intermédiaires. Le croisillon calé sur l'arbre des renvois porte, pris dans une série de mors intercalés entre ses bras, des lames de ressort à peu près radiales et groupées par paquets de six. Ces lames s'engagent, d'autre part, par leur extrémité libre, dans des entailles au-dessous de la jante de l'engrenage. Ces lames de ressort, au nombre de 96, transmettent l'effort entre l'engrenage et l'arbre tout en laissant un certain jeu élastique tangentiel à la jante de l'engrenage par rapport à cet arbre.

Un seul de ces engrenages élastiques suffit pour éliminer toutes les vibrations et toutes les usures anormales : l'usure des paliers fut réduit au huitième de ce qu'elle était auparavant et la suppression des vibrations aura pour conséquence de prolonger sensiblement la durée de service des locomotives.

Au point de vue électrique, la pression des charbons sur les collecteurs joue un rôle important. Si elle est trop forte, l'usure augmente très rapidement ; si elle est trop faible, la commutation est mauvaise. Enfin, la qualité du charbon est également un facteur important.

On a eu à combattre aussi, dans les transformateurs principaux, de fréquents claquages d'isolement de l'enroulement haute tension, soit entre spires, soit à la masse et presque toujours à l'entrée. La cause de ces défauts n'est pas encore exactement connue. Le nombre et la puissance d'absorption des déchargeurs à jet d'eau ont été augmentés, des condensateurs intercalés entre la ligne et les transformateurs sur les locomotives, puis l'isolement des premières bobines des enroulements de transformateurs successivement renforcé considérablement.

Il s'est produit au début un grand nombre de déraillements d'archets qui eurent parfois un effet fâcheux sur la ligne de contact et les archets furent souvent complètement détruits. La cause en était due, presque toujours, au déplacement de la voie, soit par suite de tassement, soit par l'effet de la chaleur.

Les essais ont montré que les locomotives répondent très bien aux conditions du contrat quant à la puissance et à l'échauffement, et il semble même que ces données pourraient être dépassées et que la limite en soit simplement déterminée par les pièces de transmission de l'effort à la jante.

Voici d'ailleurs quelques-uns des résultats obtenus avec les locomotives du Lœtschberg à engrenages élastiques :

Après un parcours moyen de 135 000 km par locomotive et un parcours journalier de 636 km par locomotive, pour un transport de 106 000 t brutes au maximum, l'usure des engrenages pouvait être considérée comme très faible. Il en est de même de celle des balais et collecteurs, ces derniers n'ayant besoin d'être remis sur le tour qu'après un parcours de 120 000 km. Il est toutefois indispensable de passer ces collecteurs au papier de verre, tous les 25 000 km environ, ce qui ne demande que 15 minutes environ. Les balais en charbon fournissent un parcours d'environ 20 000 km. Enfin la consommation d'huile des moteurs et des transmissions est de 27 g : km, tandis qu'elle atteint 40 g avec les locomotives à vapeur de même puissance.

Résultats d'exploitation. — En ce qui concerne les installations électriques fixes du chemin de fer, il semble que la ligne de contact à suspension caténaire simple fonctionne d'une manière satisfaisante aux vitesses adoptées sur la ligne du Lœtschberg.

Par contre, l'isolement dans les tunnels a présenté les plus grandes difficultés. Lorsque la voûte est très humide, les isolateurs se couvrent peu à peu d'une couche de poussière fixée par l'eau qui tombe sur eux goutte à goutte. L'isolateur étant noirci, des effluves se produisent, puis l'arc jaillit entre la ligne et la terre. Il est nécessaire de nettoyer fréquemment les isolateurs.

Néanmoins, les résultats obtenus montrent qu'il est possible d'établir dans des souterrains, très humides, une ligne de traction à 15 000 v parfaitement sûre, bien que ce soit beaucoup plus difficile qu'à ciel ouvert. La difficulté vient d'ailleurs surtout de la forme ordinaire des profils en travers, qui rend très difficile une fixation rationnelle des supports.

Pour terminer cette étude, nous rendrons compte des essais très complets qui ont été effectués sous la direction de M. L. Thormann, grâce à l'emploi de la voiture dynamométrique des Chemins de fer fédéraux suisses qui permet de mesurer :

1° La vitesse de marche ;

2° L'effort, en kilogrammes par tonne de train, nécessaire pour vaincre la résistance due aux rampes et pour communiquer une accélération linéaire (positive ou négative) ;

3° L'effort de traction au crochet de la voiture dynamométrique ;

4° Le travail effectué en chevaux au crochet ;

5° Le travail correspondant à l'effort 2° ;

6° Le travail de traction, produit de l'effort de traction au crochet par le chemin parcouru ;

7° L'énergie électrique fournie à la locomotive, la puissance en kilowatts, l'intensité et la tension du courant de la ligne.

Essais spéciaux effectués sur les locomotives isolées. — Ils avaient pour but de déterminer l'influence de l'accélération des masses tournantes et les composantes variables de la résistance à la traction.

Connaissant le poids des parties tournantes et leur rayon de giration, on peut calculer l'influence de l'accélération sur les parties restantes. On peut aussi

Digitized by Google

procéder expérimentalement en lançant la machine sur une voie droite de pente connue et mesurant exactement l'accélération linéaire positive et négative.

On a obtenu les résultats suivants (Tableau I).

TABLEAU I.

	VOITURE DYNAMOMÉTRIQUE	AUTOMOTRICE	LOCOMOTIVE	
			C + C	1 — E —
Poids (en tonnes)	37,5	54,6	90	104,5
Augmentation apparente de poids due à l'accélération angulaire des parties tournantes (en tonnes)	1,6	10,9	33	44,6
La même, en pour 100 du poids	4,25	20	37	42,6

L'accélération angulaire des masses tournantes a, spécialement pour les locomotives, une importance qu'il y a lieu de ne pas négliger dans la détermination de l'énergie nécessaire à la traction.

Les essais faits en vue de la détermination des composantes variables de la résistance à la traction comprennent des démarrages et marches ordinaires en remorque. Les essais de démarrages ont été effectués sur une voie en alignement droit, de longueur et de pente connues.

Les courbes obtenues (fig. 13 à 16) permettent de connaître la résistance à la traction en kilogrammes par tonne de poids du train. Cette résistance comprend les frottements des roues sur les rails, des coussinets et des balais sur les collecteurs. La résistance due aux frottements des moteurs fut déterminée expérimentalement dans les Ateliers Oerlikon : on constate par les figures 15 et 16 que cette résistance n'est pas négligeable.

Les essais en remorque ont été réalisés sur des parcours déterminés, de pente et de rayon de courbure connus, à une vitesse aussi régulière que possible. Le travail de la résistance à la traction s'exprime alors par la différence entre le travail de la traction au crochet de la voiture dynamométrique et celui qui correspond à l'influence de l'accélération angulaire des parties tournantes augmenté de celui indiqué aux appareils de la voiture dynamométrique pour l'accélération linéaire totale et la composante de la déclivité.

Le tableau II résume les résultats obtenus.

TABLEAU II.

RÉSISTANCE A LA TRACTION DES LOCOMOTIVES				
	RAYON DES COURBES (en m)	TYPE DE VOIE	VITESSE (en km:h)	RÉSISTANCE A LA TRACTION (en kg:t)
Locomotive C + C				
A ciel ouvert	∞	Rail Vignole 36 kg	48,4	6,25
Id.	400-500	Rail D.C. 42 kg	45,6	5,35
En tunnel	∞	Id.	47,8	6,03
A ciel ouvert	300	Id.	47,2	6,28
En tunnel en spirale	300	Id.	48,3	6,56
En tunnel	1 100	Id.	47,2	6,13
Id.	900	Id.	47,6	5,73
Locomotive 1 — E — 1				
A ciel ouvert	400-500	Rail D.C. 42 kg	49,5	5,80
En tunnel	∞	Id.	50,3	5,74
A ciel ouvert	300	Id.	49,1	7,35
En tunnel en spirale	300	Id.	49,4	7,92
En tunnel	1 100	Id.	48,2	6,11
Id.	900	Id.	48,7	5,40

On peut en déduire les conséquences suivantes :

1° La marche en remorque en alignement droit donne des valeurs plus faibles que dans le cas des démarrages, ce qui est dû à une réduction de la résistance de l'air sur l'avant de la locomotive.

2° Dans le cas de la locomotive C + C, la résistance

Digitized by Google

à la traction est de 10 pour 100 plus faible sur les voies en rails D. C. de 42 kg au mètre courant que sur celles en rails Vignole de 36 kg. Dans les tunnels, il faut tenir compte d'une augmentation de la résistance due au vent qui, aux vitesses adoptées dans les essais, s'élevait à 0,35 kg : t.

3° La locomotive 1-E-1 donne dans les tunnels une résistance à la traction plus élevée de 0,5 kg : t que dans la marche à ciel ouvert.

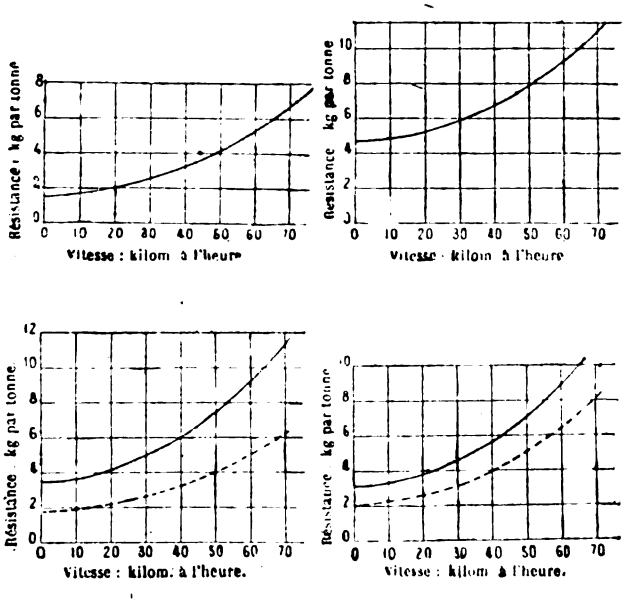


Fig. 13 à 16. — Courbes de résistance à la traction en fonction de la vitesse.

Essais sur de longs parcours avec trains complets. — Ces essais ont eu pour but la détermination des conditions d'utilisation de l'énergie.

Les indications des appareils de la voiture dynamométrique et les résultats des essais antérieurs ont permis de calculer le travail mécanique des trains remorqués. L'énergie électrique fournie a été mesurée au moyen des appareils enregistreurs de la voiture dynamométrique, comparés à ceux de la centrale de Kandergrund, le courant absorbé dans les services secondaires et les pertes en ligne étant naturellement déduits.

Le diagramme (fig. 17) reproduit les indications obtenues pendant la période de démarrage à pleine charge, en passant de l'horizontale à la pente de 27 pour 1000. On voit que le rendement global varie de 0,634 à 0,78 et le facteur de puissance cos φ de 0,64 à 0,88.

L'effort de traction à la jante pendant le démarrage en rampe varie entre 17000 et 19000 kg pour un poids adhérent de 80 t. Il atteignit un maximum de 20000 kg, correspondant à un coefficient d'adhérence de 1 : 4.

Le tableau III récapitule les essais de rendement et de consommation de l'énergie.

Mesures relatives au trafic quotidien. — On a pris pour la consommation quotidienne d'énergie la consom-

Tableau III.

Parcours	Trains directs 58 et 59 : travail mécanique à la jante des roues motrices (kgm)	(kwh)	(wh t-km)	énergie électrique fournie au trolley (kwh)	(wh/t-km)	énergie électrique fournie par la centrale de Kandergrund (kwh)	(wh t-km)	Trains omnibus 60 et 61 : travail mécanique à la jante des roues motrices (kgm)	(kwh)	(wh t-km)	énergie électrique fournie au trolley (kwh)	(wh t-km)	énergie électrique fournie par la centrale de Kandergrund (kwh)	(wh/t-km)
Spiez-Frutigen	89 734 600	244,5	45,8	295,8	55,4	306,7	57,5							
Frutigen-Spiez							3,6							62,3
Frutigen-Kandersteg	188 423 000	514,0	70,7	638,8	88,0									9,7
Kandersteg-Goppenstein	49 119 300	134,0	19,7	167,0	23,1	814,6		197 459 100	539,0	74,1	662,8	91,3		
Goppenstein-Brigue				15,5	1,52		45,2	58 796 600	160,2	23,6	183,5	27,0	952,7	39,2
Brigue-Goppenstein	256 436 420	700,0	68,6	911,0	89,4			10 578 560	28,9	2,8	54,4	3,35		
Goppenstein-Kandersteg	29 336 400	80,0	11,8	97,0	14,2	1 098,4	34,0	264 435 900	721,0	70,7	919,9	90,2		
Kandersteg-Frutigen				23,3	3,2			24 406 000	66,5	9,8	88,6	13,0	1 188,7	49,0
								10 600 000	28,9	4,0	52,0	7,15		
Parcours entier (aller et retour) de Frutigen		1 428,0	29,4	1 842,6	37,9	1 923,0	39,6		1 544,5	31,8	1 961,2	40,4	2 141,4	44,2
Rendement :														
Trolley-Jante				0,775							0,787			
Jante-Centrale				0,743							0,720			

Digitized by Google

mation moyenne obtenue du 24 au 27 mai 1915 : le trafic nord-sud de marchandises atteignit 10 000 t par jour sur le parcours complet de la ligne. Le tableau IV résume les observations faites :

Tableau IV.

	24 mai	25 mai	26 mai	27 mai
Trains-km (y compris les marches à vide)....	1 976,6	2 395	2 345	2 232
Locomotives-km (service utile).....	2 230,7	2 438,5	2 548,7	2 233,3
Locomotives-km (total).....	2 470,2	2 691,3	2 757,3	2 472,8
Trafic quotidien total en t-km :				
Nord-Sud.....	538 320	610 190	619 800	488 750
Sud-Nord.....	375 380	385 130	414 750	370 730
Total.....	913 700	995 320	1 034 550	859 480
Tonnage remorqué sur toute la ligne.....	8 960	9 740	10 200	8 210
Consommation d'énergie :				
Calculée à la jante..... kw-h	27 850	31 140	30 660	26 580
Mesurée à Kandergrund..... kw-h	40 900	45 500	45 500	40 700
Rendement.....	0,683	0,685	0,675	0,653
W-h par t-km.....	44,7	45,7	44	47,3
Puissance moyenne durant le service..... kw	2 220	2 300	2 260	2 020
Puissance maximum..... kw	8 330	8 450	8 130	7 560

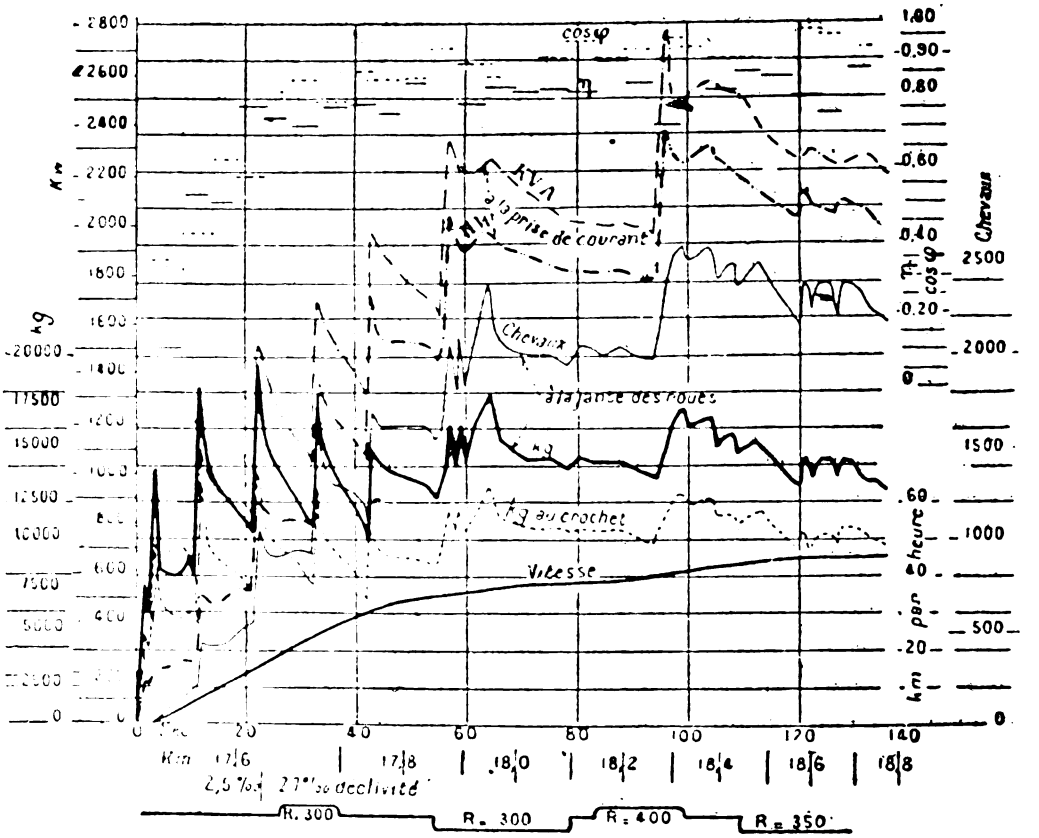


Fig. 17. — Caractéristique d'un démarrage.

La consommation moyenne d'énergie durant ces jours (45,5 wh : t-km) est un peu supérieure à celle obtenue dans les parcours d'essais (39,5 pour les trains directs; 44,2 pour les trains ordinaires). Cette différence tient à ce qu'aux essais les parcours étaient exactement notés, tandis qu'en service courant on ne tient pas compte des

Digitized by Google

manœuvres dans les gares ni des parcours imprévus à l'horaire. De plus, aux essais, on avait utilisé un matériel uniforme.

Consommation moyenne annuelle d'énergie. — Le tableau suivant donne la consommation annuelle d'énergie sur toute la ligne, pour 1914 et 1915 :

La figure 17 donne :

La quantité d'énergie en kilowatts-heures fournie par la centrale de Kandergrund;

La puissance maximum instantanée;

La moyenne de la puissance maximum des quatre-vingt dix minutes les plus chargées de chaque mois;

La dépense quotidienne de courant la plus élevée en kilowatts-heures (locomotives comprises) (1).

Tableau V.

	1914	1915
Poids total remorqué ... t-km	163 241 300	168 401 881
Parcours à vide et trains de matériel ..... t-km	2 509 300	3 581 810
Total..... t-km	165 750 600	171 983 691
Consommation totale d'énergie pour la traction..... kw:h	7 848 970	8 215 310
Consommation totale d'énergie pour la traction, w:h par t-km	47,4	47,7

Lucien Pahin.

Revues, analyses et informations

Condenseurs à surface (2).

Défauts des condenseurs a surface. — Les condenseurs à surface de construction ordinaire présentent en général les défauts suivants : 1° la vitesse de la vapeur traversant les faisceaux de tubes diminue rapidement ; 2° l'eau de condensation déjà formée est encore refroidie en pure perte ; 3° la vapeur à l'entrée du condenseur ne dispose que d'une section très faible pour se répartir le long de l'appareil ; 4° l'épaisseur des faisceaux de tubes dans le sens du parcours de la vapeur est trop grande.

1° *Diminution rapide de la vitesse de la vapeur traversant les faisceaux de tubes.* — La diminution de la vitesse de la vapeur dans les condenseurs ordinaires est une conséquence de la forme même du condenseur dont la section ouverte au passage de la vapeur augmente d'abord puis diminue, et de la condensation rapide de la vapeur, de sorte que la vitesse à la partie inférieure du condenseur est presque nulle.

De plus, il se forme autour des tubes froids où se produit la condensation une enveloppe d'air qui forme couche isolante et empêche l'arrivée de vapeur nouvelle. En augmentant la vitesse de la vapeur, on arrivera à entraîner cet air vers l'orifice d'évacuation du condenseur. On a essayé d'obtenir ce résultat en donnant au condenseur une forme triangulaire ou oviforme (fig. 1), ou en plaçant, à l'intérieur des condenseurs cylindriques, des parois directrices disposées comme le montre la figure 2. Ces dispositifs ont l'inconvénient d'augmenter dans de grandes proportions le parcours de la vapeur.

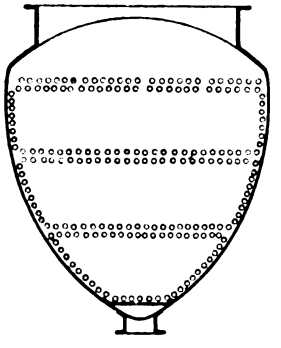


Fig. 1. — Condenseur oviforme.

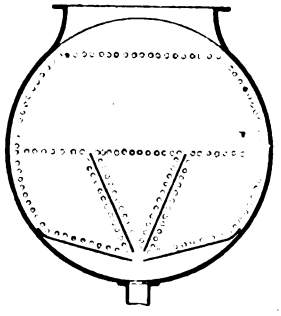


Fig. 2. — Condenseur cylindrique avec parois directrices.

2° *Refroidissement de l'eau de condensation.* — Dans un condenseur à surface la température de l'eau de condensation s'abaisse à mesure que l'eau descend vers le fond du condenseur ; il en résulte les trois inconvénients suivants : 1° l'eau adhère aux tubes et nuit à la transmission de la chaleur ; 2° le refroidissement de l'eau de condensation abaisse la température moyenne du mélange de vapeur et d'eau de condensation, il en résulte une diminution de la différence des températures moyennes de ce mélange et de l'eau de circulation, ce qui provoque également une diminution de la transmission de chaleur ; 3° la chaleur enlevée à l'eau de condensation doit lui être rendue dans l'économiseur ou dans la chaudière, d'où un abaissement du rendement de l'installation.

(1) Voici quelques-uns des travaux auxquels nous avons emprunté des renseignements pour la mise au point de notre article :

Ch. Dantin. Le chemin de fer des Alpes bernoises (Berne-Loetschberg-Simplon). *Génie civil*, 5 juillet 1913, t. lxiii, p. 181 à 188, 23 fig., 1 pl.

Ch. Jacquin. Les locomotives électriques à 15 000 v du chemin de fer des Alpes bernoises (Berne-Loetschberg-Simplon). *Génie civil*, t. lxiv, p. 1 à 6, 11 fig., 1 pl., 4 600 mots.

L. Thormann. La traction électrique sur la section Spiez-Brigue de la Compagnie du chemin de fer des Alpes bernoises (Berne-Loetschberg-Simplon). *Bulletin de l'Association du Congrès international des Chemins de fer*, mars 1914, 22 pages, 10 fig.

L. Thormann. Die elektrische Traktion der Berner Alpenbahn-Gesellschaft (Bern-Lötschberg-Simplon). *Schweiz. Bauzeitung*, t. lxiii, 1914, 19 p., 42 fig.

Schweizerische Bauzeitung du 30 septembre 1916; *Bulletin technique de la Suisse romande* du 10 octobre 1916; *Génie civil* du 21 octobre 1916; *Ingegneria Ferroviaria* du 1er février 1917, etc.

(2) *Revue B. B. C.*, juin et juillet 1916, t. iii, p. 86 et 106, 4 000 mots, 11 fig.

Digitized by Google

On pare aux inconvénients ci-dessus en employant des tubes dripless (fig. 3). Ces tubes sont légèrement inclinés, l'eau coule dans la rigole et est évacuée vers l'extrémité du condenseur, elle n'est donc plus refroidie inutilement. Mal-

Fig. 3. — Sections de tubes pour condenseurs, *a*) tube dripless; *b*) tube ordinaire.

heureusement ce dispositif est coûteux et rend l'entretien plus difficile.

On peut également, pour parer aux défauts 2° et 3°, employer la disposition de la figure 4 qui a l'inconvénient de présenter une résistance mécanique trop grande au passage

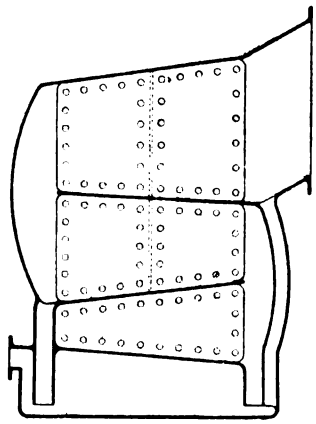


Fig. 4. — Condenseurs avec parois directrices.

de la vapeur et d'augmenter le chemin qu'elle doit parcourir.

3° *Section trop faible ouverte au passage de la vapeur dans le sens de l'axe du condenseur.* — Dans les grands condenseurs à surface, on est obligé de placer des plaques de soutien pour éviter la flexion ou la vibration des tubes; la section de passage de la vapeur dans le sens de l'axe est donc réduite à l'espace situé entre les tubes et la partie supérieure du condenseur et les extrémités du condenseur ne prennent qu'une part réduite à la transmission de la chaleur.

4° *Epaisseur trop grande des faisceaux de tubes dans le sens du parcours de la vapeur.* — Ce défaut se fait sentir surtout dans les condenseurs de grande capacité et dans ceux qui travaillent à faible charge. Dans ces derniers la condensation de la vapeur se répartit très inégalement entre les différents flux, et bien que ce soient les tubes inférieurs qui sont parcourus par l'eau la plus froide, ils ne prennent qu'une faible part à la transmission de la chaleur. Ainsi, pour le condenseur d'une machine de 7 500 kw, le flux inférieur ne transmet que 2.3 pour 100 de la chaleur, le second flux 24.7 pour 100 et enfin le flux supérieur 73 pour 100, bien qu'il soit celui comportant le nombre de tubes le plus faible. Il y a donc 1/3 des tubes du condenseur qui ne prend pas part à la transmission de la chaleur, la partie inférieure du condenseur ne jouant presque plus que le rôle de refroidisseur d'air, ce qui peut être utile dans le cas où la pompe à vide est à pistons, son débit dépendant de la proportion de vapeur contenue dans l'air, mais est complètement inutile si on emploie un éjecteur d'air; dans ce cas il y a donc intérêt à ce que tous les tubes prennent également part à la transmission de chaleur.

Condenseur O. V. système B. B. C. — La Société anonyme Brown-Boveri et Cie a construit un condenseur, le condenseur O. V., qui ne présente aucun des inconvénients cités ci-dessus. Les tubes de ce condenseur sont partagés en deux groupes disposés symétriquement dans l'enveloppe de manière à laisser un espace libre en forme de V au milieu du condenseur (fig. 5).

La vapeur sortant de la machine se répartit dans l'espace libre sur toute la longueur du condenseur et parcourt les

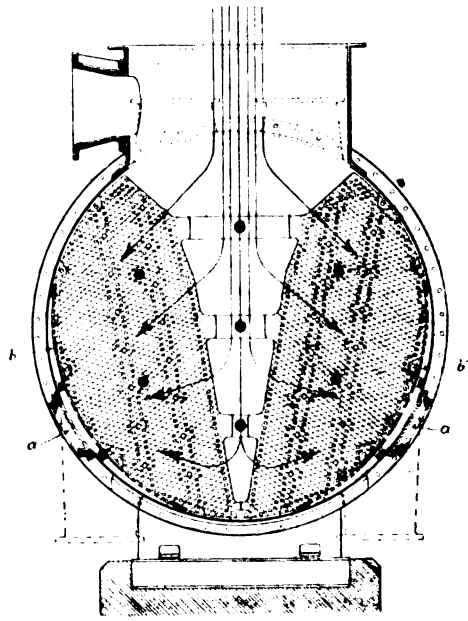


Fig. 5. — Coupe d'un condenseur O.V.

faisceaux de tubes en suivant les directions indiquées par les flèches. Les gaz non condensés sont aspirés des deux côtés. Afin d'obtenir une aspiration plus régulière on a disposé de chaque côté des orifices d'aspiration a une tôle à chicane b dont les ouvertures sont réparties d'une manière appropriée.

L'eau de refroidissement suit le parcours indiqué sur les figures 6 et 7 et s'écoule au milieu du condenseur par deux ou une conduite d'évacuation suivant que le condenseur est à service continu ou non.

Les avantages de ces condenseurs sont les suivants : 1° dans la direction de la vapeur, la section ouverte au passage de la vapeur diminue rapidement, d'où conservation de la vitesse et non-formation de sacs d'air; 2° l'eau de refroidissement circulant presque horizontalement de l'extérieur vers l'intérieur, l'eau de condensation n'entre en contact qu'avec des tubes ayant sensiblement la même température et n'est donc pas refroidie inutilement; 3° les sections ouvertes au passage de la vapeur sont grandes et elle peut se répandre aussi bien dans le sens de la longueur que de la hauteur et utiliser la surface de refroidissement entière. La diminution de l'espace libre en forme de V correspond à la diminution du volume de la vapeur;

Digitized by Google

4° les faisceaux n'ont qu'une faible épaisseur dans le sens du parcours de la vapeur, la condensation trop rapide est évitée et la condensation s'opère également sur toutes les surfaces refroidissantes.

L'inconvénient de ce condenseur est qu'à dimensions égales, la surface de refroidissement est plus faible que dans les condenseurs ordinaires si la distance des tubes est la même, cependant le constructeur est arrivé à diminuer cette distance et a obtenu pour les mêmes dimensions une surface refroidissante égale.

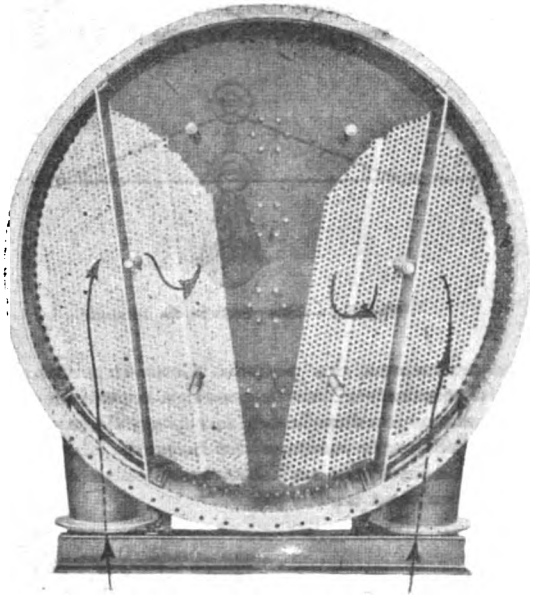


Fig. 6. — Condenseur O.V, côté entrée de l'eau.

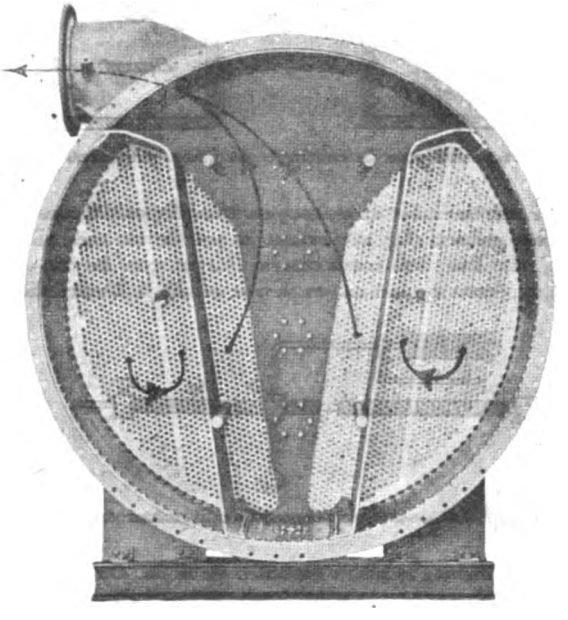


Fig. 7. — Condenseur O.V, côté sortie de l'eau.

Les condenseurs C. V. ont donc une surface refroidissante égale à celle des condenseurs de mêmes dimensions, mais leur transmission de chaleur est de 10 à 30 pour 100 plus grande et la température de l'eau de condensation est de 5° à 10° plus élevée ; ils présentent donc un grand progrès dans la technique des condenseurs.

H. C.

Les raccordements de ligne (1).

La valeur d'un raccordement de lignes dépend en premier lieu de la résistance du raccord au passage du courant, la conductibilité du raccord devant se rapprocher le plus possible de celle des deux conducteurs. En outre, le raccordement doit répondre à certaines conditions de résistance à la traction. D'après les « Normales des Canalisations aériennes » du V. D. E., les raccords doivent avoir une résistance à la traction au moins égale à 85 pour 100 de la résistance des lignes raccordées. En outre, il y a lieu de ne pas perdre de vue dans la confection des joints que les raccordements doivent être faits sur le lieu de montage même, la plupart du temps en plein air.

Les lignes de cuivre, dont l'Allemagne est aujourd'hui privée, permettaient, jusqu'à des sections de 10 mm², d'effectuer les raccordements par simple torsion directe des deux extrémités des lignes à raccorder. Les dérivations s'effectuaient de la même façon ; les joints étaient ensuite soigneusement soudés.

Ces jonctions simples peuvent d'ailleurs être renforcées par des mors de formes diverses.

Le joint peut également être renforcé par les divers procédés de torsion des fils, qui sont de pratique courante dans les installations de lignes aériennes.

Un autre procédé de raccordement consiste à ligaturer les deux extrémités à raccorder au moyen d'un fil métallique que l'on soude ensuite.

Le raccordement des câbles se fait au moyen d'épissures dont la technique est également bien connue.

La soudure à l'étain qui, dans ces divers procédés, assure le contact des deux conducteurs, s'obtient de la façon suivante :

Le raccord est logé dans un moule en fonte que l'on remplit d'étain chauffé au delà de la température de fusion (1).

Le raccord s'échauffe peu à peu jusqu'à cette température de fusion de la soudure et de la sorte un contact intime est assuré. On laisse alors écouler l'étain contenu dans le moule et le raccord reste entouré d'un revêtement métallique solide.

Le vent et la pluie nuisent à l'application de ce procédé lorsqu'on opère en plein air et en outre la plus petite trace de poussière ou de graisse compromet la solidité de la soudure. Il est préférable de nettoyer les parties métalliques avec de l'eau de chaux, même lorsqu'on remplace l'eau à souder par la pâte.

Un autre inconvénient de la soudure réside en ce fait que, sous l'action de la température de l'étain en fusion, il peut se produire dans le métal des points de faible résistance. On y remédie par un procédé (2) qui substitue un dépôt galvanique à la soudure.

Dans ce but, on suspend, au point de jonction une cuvette

(1) Constantin Loebner. *E. T. Z.*, 9 et 16 août 1917, t. XXXVIII, p. 401-403 et 414-416, 7 200 mots, 53 fig.

(1) *Brevet allemand* n° 187 607.
(2) *Brevet allemand* n° 156 869.

Digitized by Google

de porcelaine ou de faïence (fig. 1) portant un élément Daniel à sa partie inférieure et un bain de sulfate de cuivre dans le réservoir supérieur. On entoure alors la jonction d'un fil

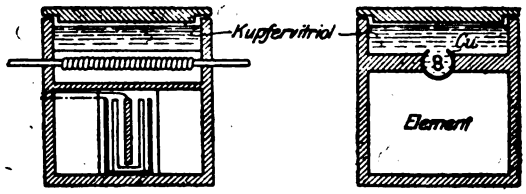


Fig. 1. — Dispositif pour le cuivrage des joints par électrolyse.

de cuivre extrêmement fin au moyen d'un dispositif consistant en une gaine a (fig. 2) portant un pas de vis très petit et fixée sur l'un des conducteurs. Sur ce pas de vis se déplace un écrou b portant un levier coudé à l'extrémité

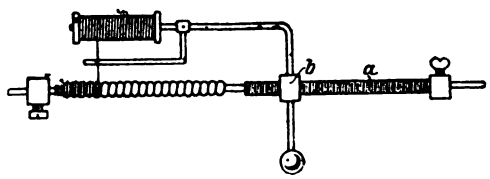


Fig. 2. — Dispositif pour l'enroulement du fil autour du raccord.

duquel est fixée une bobine c enroulée de fil fin. On imprime au contrepoids un mouvement de rotation et le fil de la bobine s'enroule autour de la jonction. Le but de ce fil est de donner une adhérence au dépôt électrolytique qui s'effectue ensuite en quatre ou cinq jours dans la cuve.

Ce procédé est long et donne un joint présentant peu de solidité. On emploie donc d'autres méthodes utilisant des petites pièces intermédiaires : les raccords. Il convient de distinguer l'emploi de ceux-ci pour des jonctions simples ou pour des déviations ; dans le premier cas, outre la faible résistance électrique du raccord, il y a également lieu de considérer sa résistance mécanique qui présente une moindre importance dans le second.

Il y a deux systèmes de joints de raccordement : les joints à rivets et les joints à manchon conique.

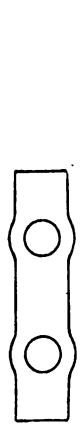


Fig. 3. — Joint à rivets.

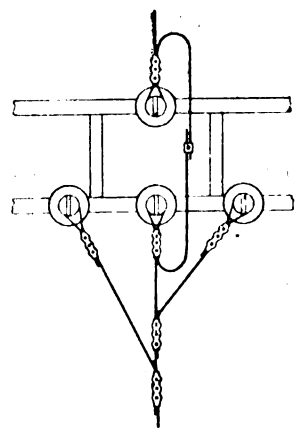


Fig. 4. — Suspension triple système Klingenberg.

Les joints à rivets actuels consistent en une douille métallique (fig. 3), dans laquelle sont placées les deux extrémités à raccorder, soigneusement décapées au préalable ; elle sont fixées dans cette gaine au moyen de rivets.

En dehors des raccordements, les joints à rivets sont également employés pour fixer les lignes aux points d'arrêt et pour les suspensions de sécurité. La figure 4 représente une suspension triple système Klingenberg.

La figure 5 représente un système de suspension de sécurité fréquemment employé sur les lignes à haute tension à

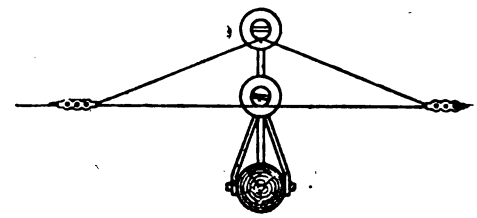


Fig. 5. — Suspension de sécurité.

grand écartement des poteaux. Cette disposition évite la chute du conducteur dans le cas où sa rupture se produirait sur l'isolateur ou dans le cas de rupture de ce dernier.

Pour faciliter le montage des raccords à rivets pour la suspension des lignes aux isolateurs, il existe également des raccords en deux parties (fig. 6).

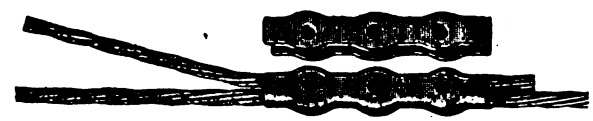
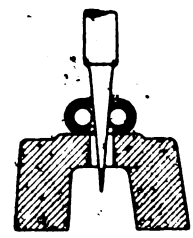


Fig. 6. — Joint à rivets en deux parties.

Pour faire épouser aux conducteurs la forme intérieure du joint, on se sert d'un poinçon et d'un petit socle métallique (fig. 7), comme pour le raccord de la figure 3 ou, lorsque cet appareil ne peut pas être employé, d'une presse à river. Le montage des joints en deux parties s'effectue au moyen d'un petit étau à main spécial serrant les deux pièces.

La maison Wilhelm Hofmann, de Dresde, a exécuté un



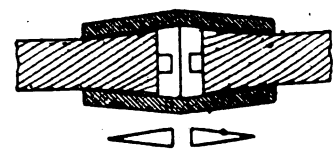


Fig. 7. — Poinçon et socle pour le montage des joints à rivets.
Fig. 8. — Joint conique système A. E. G.

certain nombre d'essais à la traction sur des raccordements effectués au moyen de joints à 2 et 3 rivets. Dans le premier cas, la résistance obtenue est de 38,6 à 39,8 kg : mm²; dans le second cas, de 37,8 à 39,6 kg : mm².

Les joints à manchon conique sont préférables pour les raccordements des torons de câble. La figure 8 représente un point biconique de l'A. E. G. Il est recommandé, pour le montage de ces joints, de couper l'extrémité des fils

Digitized by Google

situés au centre du câble sur toute la longueur de la cheville conique qui est enfoncée dans les bouts afin que les fils se répartissent mieux autour de cette pièce. Ce procédé utilise donc la traction elle-même de la ligne pour assurer le contact des extrémités du câble et de la paroi intérieure du manchon.

Le joint conique le plus employé actuellement, d'un montage plus facile et qui assure en même temps un contact plus parfait, se compose de cinq pièces (fig. 9). Les deux

Fig. 9. — Joint conique W. Hoffmann, (pièces détaillées).

écrous a et e sont enfilés sur les extrémités des deux câbles; puis, après avoir détordu ces deux extrémités, on introduit au centre de chacune d'elles les cônes b et d.

Les deux parties ainsi préparées sont reliées au moyen du manchon c que l'on visse dans les écrous a et e à l'aide d'une clé spéciale maintenant ces derniers immobiles. La photographie de la figure 10 montre cette clé en action.

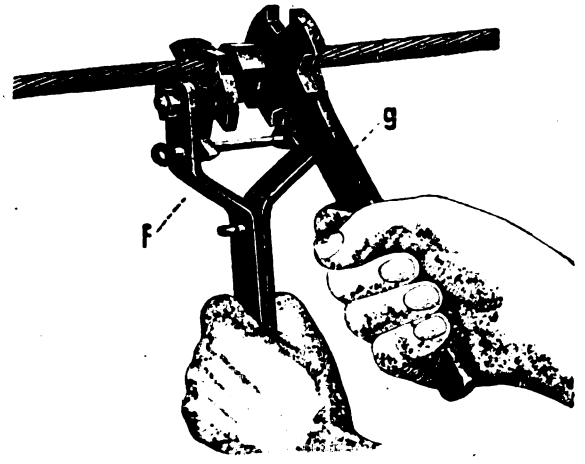


Fig. 10. — Clé spéciale pour le serrage des raccords coniques.

Un raccordement de câbles de cuivre effectué avec un joint de ce système présente une résistance à la traction de 40,8 kg : mm², c'est-à-dire une résistance sensiblement égale à celle du câble même. La résistance électrique est très faible.

En dehors des deux systèmes de raccords que nous venons de décrire, il en existe une multitude d'autres dont l'emploi n'est pas répandu soit par suite de leur prix de revient trop élevé, soit parce qu'ils ne répondent pas aux exigences actuelles. Quelques idées, cependant, sont intéressantes.

Un inventeur suisse utilise l'énergie d'un ressort à boudin pour raccorder deux lignes soumises à un effort de traction. Ce ressort est enroulé de la façon représentée par la figure 11. Les deux extrémités à raccorder sont introduites à l'intérieur de ce ressort dont l'effort, pour revenir à sa forme primitive, suffit à assurer le raccordement (fig. 11). L'auteur de la présente étude ne possédant aucune donnée expérimentale sur ce joint émet des doutes sur sa résistance à de fortes tractions et sur la façon dont le contact électrique est assuré..

Un autre système est basé sur l'emploi de deux serre-fils qui sont comprimés l'un contre l'autre sous l'effet de la

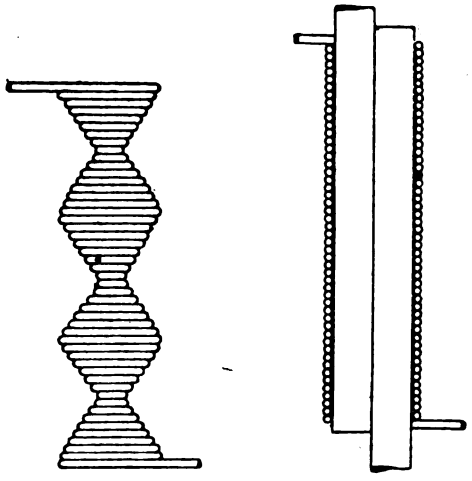


Fig. 11 a et 11 b. — Raccord à ressort de l'état normal et après application.

traction de la ligne. La figure 12 explique suffisamment le mode de fonctionnement pour qu'il soit inutile d'insister.

La firme P. Schröder, de Stuttgart, a fait breveter un

Fig. 12. — Raccordement de ligne au moyen de serre-fils.

système de joint qui est très employé à l'heure actuelle. Il se compose d'une douille en deux pièces fixées ensemble au moyen de deux écrous (fig. 13). La demi-douille inférieure

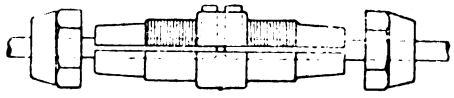


Fig. 13. — Joint Schröder.

est, en outre, percée de deux trous dans lesquels passent les extrémités de fils recourbées à angle droit.

Pour les lignes en fil fin, telles que les lignes téléphoniques ou télégraphiques, on emploie souvent des tubes de raccordement emprisonnant les extrémités recourbées des deux lignes.

Un autre procédé consiste à placer les deux fils côte à côte dans une douille métallique et à tordre l'ensemble au moyen d'une pince à torsades.

On peut également placer les deux fils en prolongement dans une gaine métallique dans laquelle on pratique une entaille hélicoïdale ou mieux encore deux entailles contrariées.

Parmi les joints de dérivation, le joint à griffes donne des résultats satisfaisants.

La figure 14 représente un « joint de guerre » pour les dérivations sur lignes en fer. Ce joint, également en fer étamé, présente une grande surface de contact correspondant à la faible conductibilité du fer.

Digitized by Google

Le joint à brides (fig. 15) se compose de deux fortes brides et d'une plaque intermédiaire en tôle d'acier.

Le joint de dérivation en fer à cheval (fig. 16) permet de

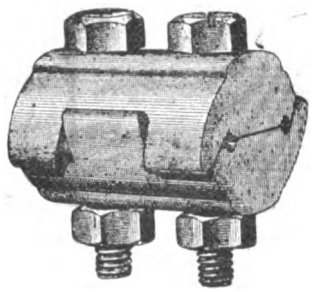


Fig. 14. — Joint de dérivation Stotz et Cie.

brancher un fil fin de dérivation sur une ligne principale en gros fil.

Le joint Hindenburg (fig. 17) marque certains progrès dans la construction de ces pièces. Il se compose de deux parties en forme de coin entre lesquels la ligne principale

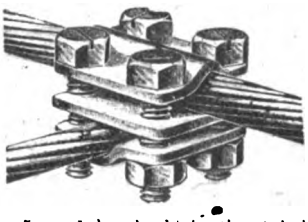


Fig. 15. — Joint de dérivation à brides.

et la dérivation sont serrées en contact étroit au moyen de boulons et d'écrous. La maison Hermann Gahl et Cº qui construit ce joint s'est spécialisée dans la construction des joints électriques en fer.

La firme Heinrich Fr. Loos, de Nuremberg, construit un

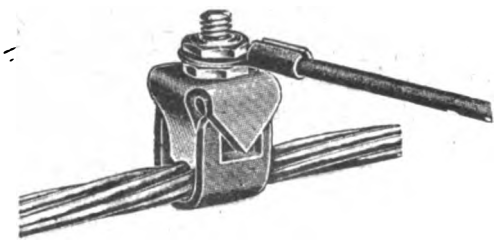


Fig. 16. — Joint de dérivation en fer à cheval.

manchon de dérivation tubulaire (1) qui ne nécessite pas la coupure de la ligne pour être mis en place (fig. 18, a, b et c).

Le tube fendu muni des vis de serrage est en fer ; on y introduit d'abord les câbles à raccorder, puis la gouttière en zinc dans laquelle on serre ces câbles comme le montre la section droite du raccord terminé.

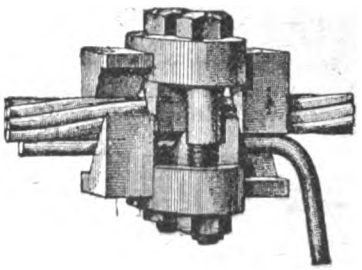


Fig. 17. — Joint de dérivation Hindenburg.

Des difficultés spéciales surgissent lorsqu'il s'agit de brancher l'une sur l'autre deux lignes faites de métaux différents, particulièrement de cuivre et d'aluminium, car dans ce cas apparaissent des phénomènes électrolytiques ; le métal dur agissant comme électrode positive et le métal tendre, comme électrode négative. (Règles du V. D. E. pour

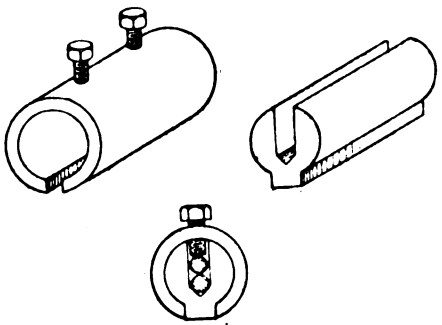


Fig. 18, a, b, c. — Les 3 parties du manchon de raccordement tubulaire Loos.

les canalisations aériennes § 25.) Ces phénomènes électrolytiques se traduisent par une augmentation de la résistance électrique du joint et, par suite, par un échauffement de cette pièce. On peut éviter ces actions en protégeant de l'humidité les métaux en contact un moyen de la « parazite » ou du « cellon ».

Le joint de dérivation cuivre-aluminium de la maison Stotz de Mannheim-Neckarau évite également ces effets nuisibles. Il se compose de deux parties, l'une en cuivre l'autre en aluminium, la surface de contact de ces deux pièces étant soustraite à l'action des agents atmosphériques par une enveloppe isolante non hygroscopique.

Enfin une autre méthode, indiquée par le brevet allemand nº 265 903, consiste à employer, pour la constitution du joint, un alliage de cuivre et d'aluminium, la proportion des deux métaux variant de 1/2 à 1/20 suivant le courant.

P. G.

(1) *Brevet allemand, nº 292 969.*

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Congrès général du Génie civil (*Suite*)

TRAVAUX DE LA SECTION I (*suite*)

L'instruction et l'éducation professionnelles de l'ouvrier [1].

De l'avis du rapporteur l'apprentissage doit être *corporatif* et *régional* et comporte deux phases principales : *a*) les travaux manuels scolaires ; *b*) l'apprentissage proprement dit.

Travaux manuels scolaires. — Relativement à ces travaux, le rapporteur propose à la deuxième Commission d'émettre les conclusions suivantes :

« La Commission demande que la loi du 28 mars 1882 sur l'enseignement primaire obligatoire soit appliquée intégralement et qu'en conséquence l'enseignement donné aux enfants comprenne, notamment, les éléments du dessin, les travaux manuels et l'usage des outils des principaux métiers.

» Que l'enseignement du dessin et l'enseignement des travaux manuels soient inscrits obligatoirement au programme du certificat d'études et bénéficient d'une cote importante, au même titre que l'orthographe et le calcul.

» Que les travaux manuels soient enseignés par des professionnels qualifiés, et autant que possible, pratiqués dans les locaux des écoles communales. »

Apprentissage proprement dit. — En ce qui concerne l'apprentissage proprement dit, la Commission émet les conclusions suivantes :

» *a*) Obligation légale de l'apprentissage pour les professions manuelles ;

» *b*) Création d'une taxe d'apprentissage à payer par l'ensemble des industriels et commerçants, en prenant pour base le mode de perception de l'impôt leur afférent (patentes ou autres), avec subvention mise par la loi à la charge de l'État, du département et des communes ;

» *c*) Organisation générale et contrôle de l'apprentissage confiés aux Chambres de commerce investies par l'État ;

» *d*) Direction et surveillance de l'apprentissage confiées, sous le contrôle des Chambres de commerce, à des groupements spéciaux corporatifs composés des éléments s'intéressant à la question : architectes, ingénieurs, industriels, commerçants, entrepreneurs et ouvriers. »

[1] Rapport de M. Lucien Dodane.

Rôle des Chambres de commerce dans la question de l'apprentissage. — La Commission pense que les Chambres de commerce devraient avoir pour mission :

1° D'établir chaque année les dépenses nécessitées par l'organisation de l'apprentissage dans leur ressort ;

2° De percevoir les taxes et subventions qui devront couvrir les dépenses diverses résultant de l'organisation de l'apprentissage et des cours complémentaires d'instruction professionnelle, d'en assurer la répartition et le paiement, de créer à cet effet une caisse d'apprentissage ;

3° De présider à la création d'ateliers-écoles d'apprentissage pour les professions où l'apprentissage chez le patron serait impossible ;

4° De présider à la création de cours de demi-temps pour les apprentis travaillant chez le patron et d'en assurer la surveillance ;

5° De présider à la création de groupements corporatifs composés de délégués des groupements syndicaux ;

6° De déterminer les subsides alloués aux sociétés corporatives et d'en assurer le paiement ;

7° De dresser la liste des industriels susceptibles de faire des apprentis, de fixer l'indemnité à leur allouer et d'en assurer le paiement ;

8° De fixer le nombre des groupements corporatifs à créer dans leur ressort et le nombre des membres qui devraient composer chacun d'eux.

Rôle des groupements corporatifs (ou chambres de métiers). — Ces groupements seraient composés de patrons et ouvriers élus par les chefs d'industrie et par les ouvriers de la profession ou des professions pour lesquelles un groupement corporatif aura été créé. Les délégués aux groupements corporatifs seraient nommés par les syndicats intéressés. Les buts des groupements corporatifs seraient :

1° D'établir le nombre d'ouvriers employés dans leur spécialité industrielle ou commerciale ;

2° De déterminer le nombre d'apprentis à instruire chaque année dans chaque profession, et celui d'apprentis incombant à chaque unité commerciale ou industrielle ;

3° De déterminer le montant des dépenses d'apprentissage basé sur le coût moyen de chaque apprenti en vue des indemnités à allouer, d'ordonnancer lesdites dépenses ;

4° D'étudier et d'arrêter le modèle type des contrats

Digitized by Google

d'apprentissage de ses ressortissants, de présider audit contrat, d'en assurer l'exécution, le contrôle, la surveillance, etc., et, le cas échéant, d'intervenir comme arbitre dans tout différend relatif aux contrats d'apprentissage ;

5° De discuter et d'arrêter, avec les organisations départementales et communales, les possibilités des cours théoriques, leurs horaires, d'en solliciter les subventions ;

6° D'étudier et préparer toutes conventions relatives à ces questions avec l'État, les départements, les communes, les Chambres de commerce ;

7° D'étudier et de surveiller la création d'ateliers-écoles d'apprentissage ;

8° De participer à la délivrance des certificats de sortie des apprentis.

Contrat d'apprentissage. — La Commission demande que les dispositions ci-après soient inscrites obligatoirement dans les contrats d'apprentissage :

1° les groupements corporatifs président à la conclusion de tout contrat d'apprentissage, ils en contrôlent et en surveillent l'exécution et arbitrent tout différend né du fait de ce contrat.

2° Une période, dite d'essai (d'une durée minimum de quatre semaines et de trois mois au maximum), permettra au maître d'apprentissage ou à l'apprenti de résilier le contrat. Passé ce délai, le contrat devient obligatoire.

3° Sur les salaires consentis à l'apprenti, pendant l'apprentissage, une quote-part déterminée au contrat sera versée, au nom de l'apprenti, à une caisse d'apprentissage à créer. L'apprenti n'en pourra prendre possession qu'en fin d'apprentissage.

L'apprenti n'aura aucun droit à la somme ainsi placée à son nom si le contrat était rompu de son fait ou de celui de ses répondants.

Le groupement corporatif sera juge de l'affectation de cette somme qui pourra faire retour au patron, à titre d'indemnité, ou être versée à la caisse d'apprentissage ci-dessus indiquée.

4° Le maître d'apprentissage est tenu obligatoirement de faciliter à l'apprenti la fréquentation des cours complémentaires organisés par les groupements corporatifs.

L'apprenti est tenu obligatoirement d'assister auxdits cours.

Cours complémentaires. — Le rapporteur expose ensuite les raisons qui militent en faveur de la création de cours complémentaires et en déduit les conclusions suivantes :

1° Que les groupements corporatifs soient chargés de la création et de l'organisation des cours complémentaires, sous le contrôle des Chambres de commerce ;

2° Que la connaissance des principaux matériaux du bâtiment, leur provenance, leur emploi, leur coût figurent à titre obligatoire dans l'enseignement des cours complémentaires, ainsi que les éléments du dessin et de la géométrie plane.

Il en sera de même des notions d'hygiène indispensables à l'apprenti, ainsi que des lois et règlements régissant la corporation.

3° Qu'il soit parfait à l'éducation et à l'instruction professionnelles préliminaires par des leçons de choses, des visites d'ateliers et de chantiers, des projections cinématographiques, etc.

4° Que l'enseignement des cours complémentaires soit confié, comme pour les travaux manuels, à des professionnels qualifiés, désignés par les groupements corporatifs.

Note sur la loi Astier. — La loi Astier, votée par le Sénat, est relative au haut enseignement technique, mais dans son titre V traitant des « Cours professionnels » elle institue l'obligation pour l'apprenti de suivre les cours professionnels et de perfectionnements organisés d'après des idées et des méthodes répondant certainement aux nécessités et aux desiderata des arts appliqués, par exemple, mais que le rapporteur considère comme inefficaces, dangereuses même, si elles doivent s'appliquer à l'instruction professionnelle de l'ouvrier de certaines corporations ; aussi la Commission décide-t-elle de demander aux pouvoirs publics que la loi Astier soit refondue et remaniée d'après les dispositions prévues aux vœux du Congrès concernant les ateliers-écoles et l'apprentissage proprement dit.

Le rapport de M. Lucien Douane est suivi d'un type de contrat établi d'après les conclusions de la Commission.

L'organisation méthodique des ateliers et chantiers ; le perfectionnement du matériel et de l'outillage ; les moyens préventifs contre les accidents du travail (1).

Nous ne pouvons, faute de place, analyser complètement le rapport de M. Schwartz, nous en donnerons seulement les conclusions.

Du rôle de la direction du maitre de l'œuvre. — A. — *Des adjudications.* — La Commission demande : que, d'une manière générale, le système de l'adjudication pure et simple soit remplacé de plus en plus par des appels restreints entre maisons offrant toutes garanties morales et professionnelles, principe déjà appliqué par les Compagnies de chemins de fer, ainsi qu'à l'étranger ;

Qu'il soit établi un cahier des charges générales type prévoyant toutes les conditions générales applicables à toutes les entreprises ;

Que le cahier des charges soit obligatoire pour toutes les Administrations françaises.

B. — *Du rôle de l'entreprise.* — La Commission demande : qu'il soit procédé à l'uniformisation générale des séries par la création sur les bases de la série de la Société centrale des Architectes et de la Société des Architectes diplômés par le Gouvernement, des séries régionales types, établies sous la même forme et

(1) Rapport de M. Schwartz.

Digitized by Google

la même présentation, en laissant à chaque région le soin d'appliquer dans les tableaux uniformes ainsi constitués les chiffres correspondant à cette région.

Que lesdites séries comportent des échelles mobiles, s'appliquant aux cours des matériaux, aux variations de main-d'œuvre et aux frais généraux.

Que ces prix de séries et échelles mobiles correspondantes soient les résultats de la collaboration des Sociétés d'architectes et des groupements syndicaux d'entrepreneurs.

C. — *De la simplification et de l'uniformisation des types d'ouvrages.* — La Commission demande : que les efforts de l'industrie tendent vers l'unification des types d'ouvrages, matériaux et éléments de construction, afin de réaliser dans toute la mesure du possible les travaux en série.

D. — *De la personnalité civile des Syndicats professionnels.* — La Commission demande : que la loi du 21 mars 1884 soit modifiée de façon à permettre l'extension de la personnalité civile aux Syndicats professionnels, patronaux et ouvriers, ainsi qu'aux Unions de syndicats.

E, — *Du rôle de l'État dans l'amélioration et l'organisation des chantiers.* — La Commission demande : que l'État, lorsque les conditions spéciales actuelles créées par l'état de guerre auront disparu, rende au commerce et à l'industrie la pleine et entière liberté de son action, son rôle devant se borner, pour le bien du pays, à la gestion d'intérêts généraux tels que : des traités de commerce bien étudiés, des transports rapides et bon marché ; une simplification de tous les rouages et formalités quelconques ; la modification et la modernisation de l'enseignement technique conforme aux besoins actuels, etc.

Que l'État s'inspire des conseils que peuvent donner les Chambres de commerce et les Chambres syndicales, et qu'au point de vue industriel, l'État renonce à une pratique de réglementation des rapports entre patrons et ouvriers qui échappe à sa compétence.

Du perfectionnement du matériel et de l'outillage. — La Commission, considérant que de lourdes charges pèseront sur l'industrie du fait de la guerre demande :

Que le monde industriel unisse ses efforts en vue du développement intensif de l'outillage ;

Que les directions de travail, largement développées, réalisent la plus grande activité industrielle par une main-d'œuvre judicieusement organisée permettant une productivité intensive grâce à un esprit d'intelligente spécialisation.

Des moyens préventifs contre les accidents. — La Commission demande :

Qu'en matière de prévention des accidents, le rôle de l'État se borne à l'établissement des lois et décrets d'ordre général, en confiant aux Associations et aux industriels l'initiative des dispositifs appropriés aux divers moyens à employer pour réaliser les buts prescrits ;

Que des musées de prévention, véritables laboratoires de recherches, soient créés afin de tendre à diminuer les accidents et, par suite, les charges qui pèsent sur les industries du bâtiment.

Sur l'alcoolisme. — La Commission demande : que les pouvoirs publics appliquent rigoureusement la loi contre l'ivresse et réalisent la suppression de la consommation de l'alcool, cause trop fréquente des accidents du travail, et cela dans l'intérêt des ouvriers et de la nation.

(*A suivre.*)

Revues, analyses et informations

Le Travail et le Capital aux États-Unis.

Les questions concernant les relations entre le Travail et le Capital sont examinées à différents points de vue par la presse technique américaine. Nous reproduisons ci-dessous la traduction de deux articles parus dans « Engineering News » du 7 février qui montre dans quel sens le problème est abordé.

1. Quelle est la situation du Travail ? — Regardons les faits en face.

Le Travail est plus fort aujourd'hui qu'il ne l'a jamais été. Il a une force extraordinaire ; il peut pendant de courtes périodes arrêter toute production ; par suite il peut imposer tout ce qu'il veut. Certes, s'il va aux extrêmes, les communautés rurales et de grands groupes dans les villes peuvent s'élever pour arrêter et combattre ses demandes. Néanmoins, s'il est mal guidé, il peut faire beaucoup de mal. Quel est donc son but ? Comment emploiera-t-il sa force ? A-t-il pour politique de gouverner ou de ruiner ? Ou bien conscient de ce qu'il y a de bon dans l'ordre existant et de l'autorité qui repose sur la masse du peuple, est-il désireux d'arriver à un compromis ?

Cette dernière hypothèse est certainement vraie, en ce qui concerne les dirigeants connus du travail. Leur désir ne peut se réaliser que si le Capital fait la moitié du chemin. Si le Capital résiste, s'il est représenté, ou plutôt mal représenté, par ceux qui prennent position d'autocrates, il poussera des millions de travailleurs à l'aile radicale du parti du Travail, il versera de l'huile sur le feu qui brûle déjà.

Ce n'est pas le moment de dorer la pilule. Le lâche ne voudra pas regarder les faits en face. Il condamnera sans plus ceux qui ont pour but de le sauver, et avec eux les éléments essentiels de l'ordre social actuel. Charles M. Schwab disait, il y a dix jours, que l'ouvrier dominerait le monde. Un avis plus modéré est donné par l'ancien juge à la Cour Suprême, Hughes, un savant dans les questions industrielles, accoutumé à réfléchir et à peser. Devant

Digitized by Google

l'Association du barreau de New-York, le mois dernier, il a dit :

« Les privilèges individuels (à l'avenir) auront à se défendre devant un public qui n'est plus soumis aux vieilles traditions — un public préparé par le sacrifice — qui imposera ses idées sur le droit commun. »

Il a dit aussi : « L'usage actuel de l'autorité sur la vie des hommes aura plus tard sa contre-partie dans un usage plus libéral du pouvoir sur la conduite, les droits et les richesses des hommes. »

M. Schwab et le juge Hughes ont le courage de reconnaître la transformation sociale. Des esprits étroits, cependant, railleront, protesteront, pousseront le Capital à se préparer à la lutte et déclareront que personne ne pourra leur dicter la manière de fixer leur programme. Ces esprits ne se laissent pas influencer par des dissertations sur ce qu'a de raisonnable l'ordre nouveau, qui décide que le bien public doit passer avant l'intérêt particulier, que le public se préoccupe de l'individu et demande qu'il ait la parole pour déterminer les conditions dans lesquelles il travaillera.

En tout cas, peu importe ce que pensent certaines individualités du bien fondé de l'ordre qui se prépare. Nous sommes témoins de l'incendie qui fait rage socialement en Russie et s'allume en Autriche et même en Allemagne. Il faut noter la puissance du Travail.

Nous sommes dans le monde, partie du monde. Le pouvoir qui dérive vers les travailleurs ici n'est qu'une partie de la marée mondiale. Où nous conduira-t-elle ?

De même qu'il y a des autocrates satisfaits de l'état existant et des hommes éclairés parmi les employeurs, il y a des conservateurs et des radicaux dans le Travail. Les autocrates d'une part et les radicaux de l'autre sont les extrêmes. Si on se confie à eux pour nous sortir de difficulté, on s'armera pour le conflit, il y aura une catastrophe. Il appartient à ceux qui voient clair de trouver un compromis entre les idées adverses, ce sont les modérés chez les employeurs, les conservateurs chez les travailleurs.

Les ailes des parties opposées peuvent rechercher une entente efficace. Elles doivent se réunir pour désarmer les extrémistes, pour que ceux-ci, et avec eux le pays, soient sauvés des conséquences de leur propre folie. Le résultat final sera pour le bien de tous. « De sévères changements sont nécessaires » a dit M. Schwab, « mais ils seront plus que payés, non seulement matériellement, mais aussi en bonheur et satisfaction ».

Pratiquement, que sortira-t-il de la crise actuelle ? Des prédictions précises sont dangereuses. Ce qui est certain c'est que : 1° le Travail demandera et recevra une plus large part des profits de l'industrie et 2° qu'il demandera le droit de parler pour déterminer dans chaque industrie les conditions du travail.

Est-ce là une panacée ? Toutes les difficultés seront-elles réglées ainsi ?

Non. Il n'y a pas unité absolue d'intérêt, il ne peut pas y avoir de paix permanente. Tout ce que nous pouvons espérer, c'est un compromis qui réponde aux besoins du jour. Quand les conditions changeront, il faudra un nouveau compromis, remplacé par un autre, un autre encore, toujours un autre. Mais le présent compromis sera le plus grand pour bien longtemps, car il établira le droit du travail à participer à la direction de l'industrie.

Qu'arrivera-t-il des industries qui ne payent que 4 à 5 pour 100 au capital investi estimé largement ou étroitement ? La banqueroute ou la réduction des frais de direction par une production accrue. Il n'y a pas d'autres alternatives.

Quid du rendement, actuellement bas, dans ces usines ? La réponse est l'éducation, éducation par la participation à la gestion pour les facteurs qui agissent sur le profit ; éducation qui créera le sentiment de la responsabilité dans le succès de l'industrie, la reconnaissance du fait qu'il ne peut y avoir de travail prospère, sans industrie prospère, reconnaissance qui se traduira par des actes si le travail est sûr d'avoir sa part des profits qu'il aide à réaliser. Marche lente mais nécessaire.

Le rendement est une chaussure que les deux parties peuvent porter. Le mauvais rendement de la direction fait plus qu'égaler, compte pour compte, le mauvais rendement du travail.

Sont-ce des propos radicaux ? Oui, si vous voulez, mais relisez ce qu'ont dit C. Schwab et le juge Hughes.

Craindrons-nous de regarder les faits en face ? Glisserons-nous à l'anarchie, en ignorant ce que le pire imbécile peut apprécier ? Laisser faire et résister jusqu'au dernier fossé conduisent au même résultat.

Bientôt se réunira à Washington un Comité sur la politique du travail. Il tiendra la balance de la paix industrielle. Il devra accorder et prendre, faire compromis. Il faut que les deux parties renoncent à beaucoup de choses auxquelles elles tiennent beaucoup. Les employeurs à larges vues sont prêts à faire des sacrifices. Mais les représentants du travail qui voient loin le sont aussi. L'intérêt du pays exige que les deux parties veillent à ne pas être mal représentées.

Et par-dessus tout que toutes deux soient préparées à de larges concessions. Dans cette direction se trouveront la paix et le bien du pays.

II. — Le comité consultatif du travail. — Jusqu'à il y a un mois, le fait le plus décourageant pour ceux qui ont les regards tournés vers Washington, était l'absence de toute apparence d'examen du problème du Travail. Le discours du président devant la Fédération américaine du Travail n'exposait pas de politique de construction. C'était un appel patriotique. Le ministère du Travail s'occupait des conflits industriels quand ils se produisaient, mais aucune idée fondamentale n'était exprimée. Les parties directement intéressées dans la discussion, employeurs et employés, étaient séparées au lieu d'être rapprochées. En apparence, tout au moins en ce qui concerne le monde officiel à Washington, nous étions poussés dans une impasse, sans que le gouvernement fasse aucun effort pour résoudre la difficulté.

Il y a deux semaines s'est produit un changement très remarquable et très heureux. Aujourd'hui un mécanisme est en mouvement pour réunir les intérêts contraires, sur une large base. La lumière est apparue. L'espoir a succédé au découragement du mois dernier.

La première reconnaissance officielle du besoin d'examiner le problème dans toute son ampleur a été la nomination d'un Comité consultatif près le secrétaire du Travail. Cette nomination, bien plus importante, à parler net, que bien des problèmes étalés en première page a été à peine signalée dans les journaux. Ce Conseil a pour mission de déterminer la politique que doivent suivre le Travail et le Capital pour travailler d'accord pendant la guerre. Bien plus, s'il travaille avec des vues d'avenir — comme sa composition donne droit de l'espérer — il aura une influence énorme, peut-être déterminante sur les conditions sociales et économiques dans lesquelles nous vivrons après la guerre. Pour l'industrie donc, pour le travail, et pour le pays tout entier, la création de ce conseil est peut-être l'événement le

Digitized by Google

plus important depuis le commencement de la guerre.

Pour que cette estimation de l'importance du nouveau Comité ne soit pas considérée comme extravagante, il est bon d'exposer ici le travail qu'il doit entreprendre. Il doit étudier l'établissement au ministère du Travail d'agences qui auront à remplir les fonctions suivantes :

1° Moyens de fournir un afflux suffisant et stable de travail aux industries de guerre. Ce programme embrasse : *a*) système satisfaisant de bourses du travail; *b*) méthode et administration de l'entraînement des travailleurs; *c*) agence pour déterminer l'ordre de priorité des demandes de travail; *d*) agences pour répartir le travail habile (skilled) quand et où il est nécessaire.

2° Mécanisme pour assurer le règlement rapide et équitable des conflits sur des bases à faire accepter par le capital et le travail, sans arrêt de la fabrication. Ce mécanisme s'occupera des demandes relatives aux salaires, aux heures et aux règlements des ateliers, etc...

3° Mécanisme pour sauvegarder les règles du travail dans la production des matières essentielles à la guerre. Ceci comprendra hygiène, sécurité, travail des femmes et des enfants, etc.

4° Mécanisme pour sauvegarder les conditions de la vie, y compris le logement, les transports, etc.

5° Bureau de renseignements pour rassembler et exposer les faits recueillis par les diverses agences gouvernementales existantes ou par des recherches indépendantes, en vue de fournir les informations nécessaires pour une action exécutive efficace.

6° Division de publicité et d'éducation ayant pour fonction de créer une opinion publique saine, d'assurer un échange d'information entre les divers départements de l'administration du travail et encouragement dans les usines à des organisations locales pouvant servir à réaliser le programme national du travail.

Les quatre premières divisions s'occupent de questions familières à tous les industriels, entrepreneurs et ingénieurs. Les subdivisions *b*, *c*, *d*, du paragraphe 1 répondent à des mesures nécessitées par la guerre. La vraie signification de la création du Comité apparaît quand on examine la sixième division, et quand on se rappelle le rôle de la division du travail du ministère anglais des Munitions et l'influence que son action d'aussi large envergure a eue sur l'Angleterre industrielle. Que ne peut-on pas lire dans « la fonction de créer une opinion publique saine » et « l'encouragement à des organisations locales pouvant servir à réaliser le programme national du travail », programme compris dans la définition des quatre premières divisions. On peut espérer que la « création d'une opinion publique saine » nécessitera l'établissement de principes pour la prospérité de l'industrie et du travail — tâche difficile mais dont l'accomplissement serait de la plus grande valeur.

S'il y a besoin d'autre preuve de l'influence possible du Comité, elle est fournie par son action de la semaine passée, quand il a recommandé au secrétaire du Travail :

1° L'organisation d'un bureau qui formulera un arrangement pour terminer les grèves;

2° La centralisation dans son département des divisions du service industriel appartenant aux diverses branches de la machine de guerre. Les deux plans ont été approuvés par le secrétaire. Le premier est absolument essentiel pour que la coopération remplace la lutte.

Le personnel du Comité, comme il a été dit, est une garantie qu'il donnera des résultats de longue portée. Il est présidé par John Lind, ancien président du Minnesota et envoyé à Mexico, représentant l'Etat ; Waddill Catchings, président de la Sloss-Sheffield Steel and Iron Co, et de la Platt Iron Works, et A.-A. Landon, directeur général de la American Radiator Co, représentant les employeurs. Les membres du travail sont John B. Lennon, trésorier de la Fédération américaine du travail et John I. Casey, ancien membre du Congrès. Le Dr L.-C. Marshall, de l'Université de Chicago, est le membre économiste et Agnès Nestor, de Chicago, représente les femmes.

Le devoir du Comité est non seulement de formuler un programme, mais aussi de recommander un mécanisme pour le réaliser. La preuve qu'il croit à l'action est donnée par ses deux actes publics dix jours après son organisation. Les chefs de l'industrie seront impressionnés par cette preuve de virilité et suivront avec grande attention les autres actes de ce Comité.

Assemblées générales

Compagnie des câbles télégraphiques.

Assemblée générale extraordinaire du 30 avril 1918.

Les actionnaires se sont réunis en vue de voter l'augmentation du capital de 13 425 000 fr à 16 000 000 fr par l'émission d'actions nouvelles à 265 fr. Le droit de souscription sera exercé à raison de 0,23 action pour une part 1re série et de 0,16 action pour une action ancienne. Les nouvelles actions seront assimilées aux anciennes après paiement du dividende de 1917.

L'augmentation est destinée à la participation de la Compagnie (2 500 000 fr) dans la constitution de la Société nouvelle dite Compagnie de télégraphie sans fil. Cette décision a été prise d'accord avec le ministère du Commerce.

L'assemblée a décidé, en outre, de supprimer la faculté d'échange d'actions contre des parts 1re série, d'annuler les 1 630 parts 1re série déjà acquises en vertu de cette faculté, d'annuler les 2 223 parts 2e série restées dans les caisses de la Compagnie, et enfin de joindre 247 actions déjà créées aux 10 296 actions nouvelles à émettre pour porter le capital à 16 millions.

Compagnie des Tramways de l'Ouest-Parisien.

Assemblée générale ordinaire du 9 mars 1918.

Le Conseil a réuni les actionnaires pour leur faire part des difficultés présentes. Les augmentations de vie chère de 0,75 fr, données en 1916, portées en juin à 1,50 fr par jour et par agent, étaient l'extrême limite des concessions possibles; en décembre, sur les pressantes instances des Pou-

Digitized by Google

voirs publics qui voulaient éviter des grèves, cette indemnité a été portée à 3 fr, mais cette majoration ne pouvait être supportée par la Compagnie qu'à la condition d'obtenir des compensations équitables. Les différentes démarches auprès du Conseil de Préfecture de la Seine et auprès du ministre des Travaux publics pour obtenir un relèvement des tarifs ou une indemnité, ayant échoué, la Compagnie ne peut plus continuer son exploitation et l'assemblée décide d'arrêter provisoirement le service à la date la plus rapprochée qu'il sera possible. Elle résolut aussi d'intenter une action devant le Conseil de Préfecture de la Seine pour obtenir toutes indemnités ou compensations justifiées par la situation actuelle.

L'exploitation au cours de l'exercice se solde par une perte de 118 967,82 fr et le compte de profits et pertes par une perte totale de 283 789,98 fr.

BILAN AU 30 DÉCEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Frais de constitution	21 422,69
Frais d'augmentation du capital	15 315,40
Travaux divers et charges d'installations	48 142,12
Sous-station : terrains, bâtiments,	767 925,16
Voies de terre	4 416 002,59
Lignes électriques :	
Câbles à basse tension	191 003,51
Trolley	494 807,67
Déplacement d'installations appartenant à l'Etat	34 063,57
Lignes téléphoniques	900,75
Matériel roulant	1 026 411,67
Dépôt et ateliers	1 214 450,87
Matériel et outillage	60 569,04
Mobilier et installations	18 214,90
Travaux sur voitures Compagnie générale de traction	19 350,26
Substitution du trolley au diatto	83 774,42
Prolongement des voies jusqu'à la gare d'Auteuil	61 246,66
Installation du trolley et modification des voies entre la rue de Vouillé et l'avenue Duquesne	129 360,51
Construction d'un garage et modification de voies	6 270,45
Doublement de la voie rue de Vaugirard	15 707,58
Installation d'un bureau-abri au terminus d'Auteuil	3 415,89
Installation du terminus Brune	44 897,44
Garages pour intensification du service Renault	34 306,11
Frais d'études	47 686,99
Mise en valeur des réseaux	207 357,15
Dépréciations, suppression de voies et matériel	1 516 582,94
Grosses réfections du matériel roulant et des voies	513 353,63
Transfert des ateliers de Bagneux à Issy	4 600 »
Droits de transmission	61 007,84
Caisse et banques. Disponible	55 999,93
Cautionnements de concessions	58 000 »
Versement de garantie (police assurance loi)	5 647,40
Dépenses d'exploitation amortissables en 1918	2 602,51
A reporter	11 180 397,65
Report	11 180 397,65
Approvisionnements	144 485,98
Débiteurs divers	95 635,16
Compte d'ordre	250 »
Profits et pertes :	
Solde au 31 décembre 1916	3 337 770,37
Perte de l'exercice 1917	283 789,98
	15 042 329,14

Passif.

	fr
Capital	8 000 000 »
Compagnie générale de traction :	
Principal et intérêts	5 250 000 »
Courant et diatto du 1er janvier 1903 au 18 mars 1903	54 241,39
Compte courant à partir du 19 mars 1903	591 081,34
Compte avance « Molitor-Duquesne »	140 025,34
Compte avance « Garantie »	146 595,58
Fournisseurs et créanciers divers	584 890,62
Prévisions diverses	252 633,17
Dépenses afférentes à 1917 restant à payer	22 611,70
Compte d'ordre	250 »
	15 042 329,14

Comptoir national d'Escompte de Paris.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 18 AVRIL 1918.

L'assemblée générale s'est tenue le 18 avril sous la présidence de M. Paul Boyer, vice-président.

Après avoir entendu les rapports du Conseil, de la Commission permanente de contrôle et du commissaire, l'assemblée a approuvé à l'unanimité les comptes de l'exercice 1917 qui se soldent par un bénéfice de 13 727 566,08 fr, et a décidé la répartition de 30 fr par action et de 2,889 fr par part de fondateur.

Le Comptoir national d'Escompte a prêté son concours à la souscription de l'Emprunt national 1917, au placement des bons et des obligations de la Défense nationale, ainsi qu'aux prêts à l'Etat de valeurs de pays neutres, rachats de valeurs étrangères pour son compte et ventes de titres sur le marché anglais par l'intermédiaire de la Banque de France. Le total de ces opérations, à la fin de 1917, s'élevait à plus de 9 milliards de capital nominal.

Il a également coopéré au placement et au renouvellement des obligations et des bons de la ville de Paris, ainsi qu'au placement ou à la souscription d'actions et d'obligations de diverses Sociétés industrielles travaillant pour la Défense nationale.

Malgré les conditions de plus en plus difficiles de l'exploitation, l'accroissement de charges et le manque de personnel expérimenté, ses services et agences ont pu maintenir leur fonctionnement et réaliser de nouveaux progrès. Les agences des colonies et de l'étranger ont notablement développé leur activité.

M. Paul Boyer, administrateur sortant, a été réélu.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Les marchés de services publics et la guerre

Jurisprudence du Conseil d'État. — Arrêts des 30 mars 1916, 20 juillet 1917 et 8 février 1918. La loi du 21 janvier 1918.

On sait que l'augmentation du prix du charbon et des matières premières, ainsi que l'élévation des salaires ont mis les concessionnaires de services publics dans une situation financière déplorable. Ces concessionnaires ont demandé à diverses reprises l'autorisation de relever leurs tarifs à l'autorité concédante, celle-ci accorda parfois l'élévation de tarif demandée, et la refusa dans certains cas; il fut fait alors appel au Conseil d'État. L'auteur de l'article ci-dessous étudie la jurisprudence adoptée par le Conseil d'Etat, ainsi que les arrêts des 30 mars 1916, 20 juillet 1917 et 8 février 1918 et la loi du 21 janvier 1918, qui résolvent la question.

Moins d'un an après le commencement de la guerre on s'est aperçu que la plupart des contrats passés entre la puissance publique à ses degrés divers, État, départements, communes et des compagnies particulières pour la gestion des services publics ne jouaient plus normalement. Tous ces services avaient été conçus et institués en temps de paix; en rédigeant les traités, les deux parties, concédant et concessionnaire, n'avaient le plus souvent songé qu'au temps de paix. Les conditions dans lesquelles les services devaient fonctionner pendant la guerre étaient tellement différentes des conditions normales qu'elles menaçaient de compromettre l'existence des concessionnaires et celle des services publics. Il y avait évidemment une situation nouvelle à laquelle il fallait un remède. Ce remède était-il d'ordre purement administratif ou d'ordre contentieux? Procédait-il de la seule bonne volonté des parties ou d'un droit?

Ce problème, posé d'abord pour les chemins de fer d'intérêt local et les tramways de la zone des armées devant la Commission supérieure de vérification des comptes et résolu en droit (avis de la Commission supérieure du 1er août 1915), a été soumis au Conseil d'État par la Compagnie du gaz de Bordeaux dès 1915 lorsque s'est manifestée la hausse des charbons. La solution donnée par l'arrêt du 30 mars 1916 a été la même que celle admise par l'avis du 1er août 1915. Le Conseil d'État a proclamé dans son arrêt du 30 mars 1916 que le contrat de concession était fait sur des prévisions, que ces prévisions s'étendaient seulement aux variations du prix de la matière première à raison des circonstances économiques, et que des circonstances n'ayant pas un caractère économique avaient occasionné une hausse du charbon telle qu'elle entraînait dans le coût de la fabrication du gaz une augmentation qui, dans une mesure déjouant tous les calculs, dépasse certainement les limites extrêmes des majorations ayant pu être envisagées par les parties lors de la passation du contrat. Après avoir affirmé ainsi que la situation actuelle nouvelle et imprévue n'était pas réglée par le contrat, il a déclaré qu'il y avait lieu pour les parties d'y remédier elles-mêmes par un accord et que, à défaut, le concessionnaire avait droit à une indemnité à raison des circonstances extracontractuelles dans lesquelles il aura dû assurer le service pendant la période anormale.

Malgré la résistance du ministère de l'Intérieur, d'un grand nombre de maires et de quelques députés des plus remuants, la jurisprudence de l'arrêt du 30 mars 1916 s'est affirmée par deux décisions nouvelles rendues à l'occasion de contrats autres que des contrats de concessions passés pour la gestion de services publics.

La première est intervenue le 20 juillet 1917 à l'occasion du marché de transport des dépêches dans Paris.

L'Administration des Postes avait passé avec la Compagnie des Automobiles postales un marché pour le transport des dépêches dans Paris pour un certain nombre d'années. Le paragraphe premier de l'article 3 du cahier des charges donnait à l'Administration le droit de modifier les itinéraires, d'augmenter ou de diminuer la longueur des courses, de créer des courses nouvelles, et le paragraphe 2 du même article ajoutait que la somme payée à la Compagnie serait modifiée en conséquence sans toutefois que la redevance mensuelle puisse descendre au-dessous d'un certain minimum. Par suite de la mobilisation générale et du bouleversement des horaires des trains et des transports postaux, les services de la Compagnie avaient été très réduits et le minimum mensuel n'était pas atteint. La Compagnie prétendait néanmoins le réclamer en invoquant le texte du paragraphe 2 de l'article 3 d'un contrat qui, passé pour plusieurs années, semblait devoir recevoir son exécution en cas de guerre C'était donc l'Administration qui, opposant au texte l'intention des parties, venait soutenir que les stipulations de l'article 3 étaient faites pour être exécutées en temps normal et que les événements tels que la mobilisation générale et le bouleversement des horaires des trains et des transports postaux n'étaient pas entrés dans les prévisions en vue

Digitized by Google

desquelles le minimum de redevances avait été garanti. Le Conseil d'État l'a admis en décidant qu' « *il n'a pu entrer dans la commune prévision des parties de viser en rédigeant la disposition dont s'agit le cas où le service imposé à la Compagnie et les redevances y afférentes viendraient à être réduits par le jeu de circonstances absolument exceptionnelles et indépendantes de tout fait de l'Administration, telles que la mobilisation générale et le bouleversement des horaires des trains et des transports postaux qui en est résulté* ». Constatant la situation nouvelle, le Conseil d'État dit comment elle devra être réglée : au moyen, dit l'arrêt du 20 juillet 1917, de la revision du contrat ou de telle réparation ou compensation que la Compagnie se croira fondée à réclamer à raison des charges exceptionnelles qu'elle justifiera lui avoir été imposées par les circonstances imprévues. La revision du contrat, c'est l'accord entre les parties pour régler la situation nouvelle ; la réparation ou compensation des charges exceptionnelles, c'est, à défaut d'accord, l'indemnité fixée par le juge. Sous des expressions légèrement différentes, c'est la solution de l'arrêt du 30 mars 1917 appliquée sur la demande de l'Administration.

La deuxième décision confirmative de la jurisprudence de l'arrêt du 30 mars 1916 est intervenue à l'occasion d'un marché de fourniture de gaz à la Maison centrale de Poissy.

Par traité du 25 janvier 1908 la Société d'Éclairage de Poissy et extensions, qui était concessionnaire de l'éclairage au gaz de la ville de Poissy, s'était engagée à fournir le gaz nécessaire à l'éclairage de la Maison centrale de Poissy pour dix années expirant le 31 décembre 1917. L'article 2 stipulait que le gaz « serait payé au prix unique de 13 centimes le mètre cube pour toute la période ci-dessus indiquée, sans aucune restriction et *quel que fût le prix du charbon* ». La société avait adressé à l'Administration pénitentiaire et au ministre de la Justice une demande de relèvement du prix à raison de la hausse des charbons et le ministre avait rejeté cette demande en ajoutant toutefois qu'il « ne se refuserait pas à examiner à la fin de la guerre dans quelle mesure il serait possible à l'Administration de tenir compte à la société de la situation particulière dans laquelle l'ont placée les événements actuels ». C'était la dénégation du droit de la société et le renvoi à la décision purement gracieuse que l'Administration voudrait bien prendre après la guerre.

Le Conseil d'État, saisi par la société, a infirmé la décision du ministre, par un arrêt du 8 février 1918 qui reproduit les termes mêmes de l'arrêt du 30 mars 1916 en les adaptant aux marchés de fournitures. « Considérant, dit-il, qu'en principe le marché de fournitures règle d'une manière définitive jusqu'à son expiration les obligations respectives des fournisseurs de l'Administration, que le fournisseur est tenu d'exécuter son contrat dans les conditions y précitées et moyennant la rémunération stipulée ; que la variation des prix des matières premières à raison des circonstances économiques constitue un aléa du marché pouvant, suivant le cas, être favorable ou défavorable au fournisseur, et demeure à ses risques et périls, chaque partie étant réputée avoir tenu compte de cet aléa dans les calculs et prévisions qu'elle a faits avant de s'engager;

» Mais considérant que, par suite de l'occupation par l'ennemi de la plus grande partie des régions productrices de charbon dans l'Europe continentale, de la difficulté de plus en plus considérable des transports par mer, à raison, tant de la réquisition des navires que du caractère et de la durée de la guerre maritime, la hausse survenue au cours de la guerre actuelle dans le prix du charbon, qui est la matière première de la fabrication du gaz, s'est trouvée atteindre une proportion telle que, non seulement elle a un caractère exceptionnel dans le sens habituellement donné à ce terme, mais qu'elle entraîne dans le coût de la fabrication du gaz une augmentation qui, dans une mesure déjouant tous les calculs, dépasse certainement les limites extrêmes des majorations ayant pu être envisagées par les parties lors de la passation des marchés ; par suite du concours des circonstances ci-dessus indiquées, l'économie du contrat se trouve absolument bouleversée; que la Société d'Eclairage de Poissy est donc fondée à soutenir qu'elle ne peut être tenue d'assurer aux seules conditions prévues à l'origine la fourniture du gaz à la Maison centrale de Poissy tant que durera la situation anormale ci-dessus rappelée.

» Considérant qu'il résulte de ce qui précède, que si la société requérante n'est pas fondée à prétendre qu'elle ne peut être tenue de supporter aucune augmentation des matières premières, et que le nouveau prix du gaz fourni doit être calculé en tenant compte de l'intégralité de cette augmentation — il serait tout à fait excessif d'admettre qu'il y a lieu à l'application pure et simple du contrat, comme si on se trouvait en présence d'un aléa ordinaire d'entreprises ; qu'il importe, au contraire, de rechercher, pour mettre fin aux difficultés actuelles, une solution tenant compte tout à la fois de l'intérêt du service public — dont le ministre exige la continuation, et des conditions spéciales ne permettant pas au contrat de recevoir son application normale; qu'à cet effet il convient de décider, d'une part, que la société était tenue d'assurer la fourniture du gaz à la Maison centrale de Poissy, et, d'autre part, qu'elle doit supporter seulement, au cours de la période où se sont produites les difficultés qui viennent d'être relatées, la part des conséquences onéreuses de la situation de force majeure ci-dessus rappelée, que l'interprétation raisonnable du contrat permet de laisser à sa charge; qu'il y a lieu, en conséquence, en annulant l'arrêté attaqué, de renvoyer la société requérante devant le ministre de la Justice, à l'effet de rechercher, d'accord avec lui, les conditions spéciales dans lesquelles la société était tenue de continuer ses fournitures jusqu'au 31 décembre 1917, date d'expiration de son contrat, et de déterminer, en tenant compte de tous les faits de la cause, le montant de l'indemnité à laquelle elle a droit, à raison des circonstances extracontractuelles dans lesquelles elle a dû

Digitized by Google

assurer lesdites fournitures pendant la période envisagée.

« Décide : ARTICLE PREMIER. — La décision susvisée du garde des Sceaux, ministre de la Justice du 11 juillet 1916 est annulée.

» ART. 2. — La Société d'Éclairage de Poissy et extensions est renvoyée devant le garde des Sceaux, ministre de la Justice, pour rechercher les conditions dans lesquelles la société était tenue de continuer ses fournitures de gaz à la Maison centrale de Poissy, et pour déterminer la fixation de l'indemnité à laquelle elle a droit à raison des circonstances extracontractuelles dans lesquelles elle a dû assurer ses fournitures depuis le moment de la hausse exceptionnelle du prix du charbon jusqu'au 31 décembre 1917. »

La solution donnée par le Conseil d'État est tellement sage et nécessaire qu'elle a été étendue d'abord aux concessions de chemins de fer d'intérêt local et aux tramways par la loi du 30 novembre 1916 qui a autorisé l'approbation des relèvements de tarifs par simples décrets et ensuite par la loi du 31 mars 1918 qui a prescrit le relèvement de 25 pour 100 des tarifs des chemins de fer d'intérêt général.

Bien plus, elle a dépassé le domaine des contrats de services publics pour lesquels elle est intervenue et elle s'est imposée au législateur pour les contrats commerciaux. Pour ces contrats, la jurisprudence des Cours d'appel et de la Cour de cassation avait toujours admis que toutes les éventualités possibles étaient réputées avoir été prévues, les risques les plus étendus pesaient sur le débiteur de l'obligation, même ceux qui, nés des circonstances de guerre, dépassaient la limite des prévisions humaines. Le législateur, frappé de l'iniquité de cette jurisprudence à l'heure actuelle, a voulu appliquer en matière commerciale la solution si équitable admise par la jurisprudence administrative, et il a exprimé sa volonté par la loi du 21 janvier 1918, dite loi Failliot, dont il faut citer les articles 1 et 2 :

« ARTICLE PREMIER. — Pendant la durée de la guerre et jusqu'à l'expiration d'un délai de trois mois à partir de la cessation des hostilités, les dispositions exceptionnelles suivantes sont applicables aux marchés et contrats ayant un caractère commercial pour les parties ou pour l'une d'elles seulement qui ont été conclues avant le 1er août 1914 et qui comportent, soit des livraisons de marchandises ou de denrées, soit d'autres prestations successives ou simplement différées.

» ART. 2. — Indépendamment des causes de résolution du droit commun ou des conventions, les marchés et contrats visés dans l'article précédent peuvent être résolus sur la demande de l'une quelconque des parties, s'il est établi qu'à raison de l'état de guerre l'exécution des obligations de l'un des contractants entraînera des charges ou lui causera un préjudice dont l'importance dépasserait de beaucoup les prévisions qui pouvaient être raisonnablement faites à l'époque de la convention... Le juge peut aussi, sur la demande de l'une des parties, prononcer la suspension de l'exécution du contrat pendant un délai qu'il détermine. »

Ainsi dans les contrats commerciaux comme dans les contrats de service public, la limite des charges que doivent supporter les parties est déterminée par les prévisions qui pouvaient être raisonnablement faites à l'époque de la convention. Si l'état de guerre accroît de beaucoup les charges au delà de cette limite, le débiteur de l'obligation n'est pas tenu d'en supporter l'excédent. Il en sera déchargé en matière commerciale par la résiliation ou la suspension du contrat. Comme, en matière administrative, il ne peut être question de résilier ou de suspendre le contrat puisque le service public qui en fait l'objet doit toujours continuer, le débiteur de l'obligation sera exonéré des charges anormales par des avantages nouveaux ou par une indemnité.

On peut dire désormais que le principe du droit du concessionnaire, posé par l'arrêt du 30 mars 1916 et si vivement contesté par les partis politiques intéressés, est définitivement acquis ; aucun retour en arrière n'est possible en présence des arrêts des 20 juillet 1917 et 8 février 1918 et des lois des 21 janvier et 31 mars 1918.

Mais il semble que l'on puisse aller plus loin et dire que ces décisions et ces textes fixent la mesure du droit du concessionnaire. La base des décisions du Conseil d'État, c'est la jurisprudence de l'imprévision appliquée depuis plus de cinquante ans en matière de marchés de travaux publics ou de fournitures ; les conclusions de M. le Commissaire du gouvernement Chardenet sur l'affaire du 30 mars 1916 et celles de M. le Commissaire du gouvernement Corneille sur l'affaire du 8 février 1918 ne laissent aucun doute. De là découlent deux conséquences. D'une part, en matière de marchés de travaux publics ou de fourniture, la jurisprudence de l'imprévision ouvre un droit à indemnité à l'entrepreneur ou au fournisseur dès que se sont produites des difficultés qu'il avait été impossible de prévoir et qui modifient profondément les conditions dans lesquelles le contrat devait être exécuté. Il doit en être de même en matière de concession de service public ; le droit du concessionnaire naît dès que le maximum des prévisions possibles est dépassé et la sujétion imprévue actuelle ouvre un droit actuel et immédiat. Il n'y a donc pas à attendre la fin de la guerre ou la fin du contrat ; le droit est né dès maintenant. D'autre part, en matière de marchés de travaux publics ou de fourniture, la jurisprudence de l'imprévision ouvre à l'entrepreneur ou au fournisseur droit à une indemnité correspondante aux charges imprévues qu'il a rencontrées. Il doit en être de même en matière de contrat de services publics ; le droit du concessionnaire ne se borne pas à recevoir une avance remboursable ni même à recevoir une partie des dépenses exceptionnelles résultant des difficultés qu'on ne pouvait prévoir ; il s'étend à la compensation intégrale des charges nées des circonstances extracontractuelles.

Aucune distinction à ce double point de vue ne peut être faite entre le contrat de concession et le marché de travaux publics, puisque le contrat de concession n'est pas autre chose qu'un marché de travaux publics dans lequel l'entrepreneur, au lieu d'être payé en bloc sur le budget de l'État, du département ou de la commune, est

Digitized by Google

rémunéré en détail par la perception de redevances sur les usagers du service public. La différence dans le mode de rémunération est sans influence sur les principes à appliquer.

Ces deux conséquences ressortent nettement des arrêts des 30 mars 1916 et 8 février 1918. Le Conseil d'État a consacré le droit actuel des compagnies du gaz puisqu'il a déclaré que, dès maintenant, l'économie du contrat se trouvait absolument bouleversée, que les compagnies étaient fondées à soutenir qu'elles ne peuvent être tenues d'assurer aux seules conditions prévues à l'origine le fonctionnement du service tant que la situation anormale durerait et qu'il a renvoyé les parties devant le Conseil de préfecture ou le ministre, non pas pour fixer une indemnité provisoire à laquelle les compagnies pourraient avoir droit à la fin du marché, mais pour procéder à la fixation de l'indemnité à laquelle elles avaient droit actuellement et sans plus attendre.

Le Conseil d'Etat a non moins clairement proclamé le droit du concessionnaire à la compensation intégrale des charges extracontractuelles puisqu'il a dit que les compagnies doivent supporter seulement « au cours de cette période transitoire la part des conséquences onéreuses de la situation de force majeure que l'interprétation raisonnable du contrat permet de laisser à leur charge », ce qui exclut nécessairement et complètement toutes les conséquences qui excèdent les prévisions du contrat et qu'il ajoute, en outre, que la Compagnie a droit à indemnité à raison des circonstances extracontractuelles dans lesquelles elle aura dû assurer le service pendant la période anormale envisagée. La portée de cette formule a été précisée davantage encore si c'est possible par l'arrêt du 20 juillet 1917 qui a déclaré qu'en présence de l'imprévision il appartenait à la Compagnie des Automobiles postales de « poursuivre la reprise des pourparlers (qui avaient eu lieu auparavant entre elle et l'État) et de demander, au moyen notamment de la revision de son contrat, telle reparation ou *compensation* qu'elle se croirait fondée à réclamer à raison des charges exceptionnelles qu'elle justifierait lui avoir été imposées par les circonstances imprévues ». La *compensation*, c'est évidemment l'allocation d'avantages ou d'indemnités équivalant à l'intégralité des charges extracontractuelles.

Il serait d'ailleurs impossible de concevoir qu'il en soit autrement en présence de la loi du 21 janvier 1918 qui, par la résiliation du contrat, exonère le contractant des charges nées de l'état de guerre qui excèdent celles qui pouvaient être raisonnablement prévues : l'exonération n'est pas partielle mais totale. Si le concessionnaire de service public ne peut profiter de la résiliation parce que le service public ne peut être suspendu, il n'en doit pas moins être exonéré dans la même mesure, c'est-à-dire totalement soit par une compensation amiable, soit par une indemnité équivalente.

Ces déductions ont déjà été faites par plusieurs Conseils de préfecture, notamment par celui du Calvados dans l'affaire de la Compagnie du Gaz de Trouville ; nul doute qu'elles ne soient bientôt consacrées explicitement par le Conseil d'État.

L. DE LA TASTE.
Avocat à la Cour de Paris.
Licencié ès Sciences.

Législation, jurisprudence, réglementation

Décret portant organisation des services chargés du contrôle des chemins de fer d'intérêt général et de l'étude des questions économiques et commerciales se rattachant à l'ensemble des voies de communication.

Le « Journal officiel » du 9 janvier 1918 publie, p. 393, un décret pris en date du 8 janvier 1918 et qui répartit en cinq directions le service du contrôle des chemins de fer d'intérêt général. Ces cinq directions sont : la direction du contrôle des travaux des lignes nouvelles ; la direction du contrôle de la voie et des bâtiments ; la direction du contrôle de l'exploitation technique et commerciale ; la direction du contrôle du matériel et de la traction ; la direction du contrôle du travail.

Les différents articles du décret fixent les attributions de chacune de ces directions, leur composition et leur mode de fonctionnement.

Ce décret a été suivi d'un arrêté pris en date du 12 janvier 1918 par le ministre des Travaux publics et des Transports, publié au « Journal officiel » du 13 janvier 1918, p. 534, et fixant les conditions d'application du décret du 8 janvier 1918.

Ajoutons qu'un arrêté pris le 10 janvier 1918 par le ministre des Travaux publics et des Transports et publié au « Journal officiel » du 16 janvier 1918, p. 612, organise le service central du contrôle des voies ferrées d'intérêt local.

ERRATUM

Dans l'article intitulé : « Sur la théorie de l'excitation par choc d'un circuit oscillant », paru dans la « R. G. E » du 6 avril 1918, lire page 504, deuxième colonne,

$$(\cos \omega'' \theta - \cos \omega' \theta) \text{ au lieu de } (\cos \omega' \theta - \cos \omega'' \theta)$$

et

$$(\omega' \sin \omega' \theta - \omega'' \sin \omega'' \theta) \text{ au lieu de } (\omega'' \sin \omega'' \theta - \omega' \sin \omega' \theta)$$

comme derniers facteurs respectifs des expressions de q_{20} et de i_{20}.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 20. — 18 MAI 1918.

Chronique. — L'uniformisation des tableaux de distribution. — Société internationale des Electriciens. — Comité électrotechnique français. — Société française de Physique, p. 713-714.

Section scientifique et technique. — Sur un abaque destiné à faciliter le calcul des rhéostats d'excitation, par P. POITRIMOL, p. 715. — Revues, analyses et informations : Comité électrotechnique Français, p. 720 ; Rayonnement des filaments de tungstène droits et hélicoïdaux, p. 720 ; Sur l'emploi du ticker de réception utilisé en télégraphie sans fil comme appareil pratique susceptible de remplacer un galvanomètre pour les mesures industrielles, p. 723 ; Recherches expérimentales sur l'émission totale de rayons X à partir de quelques métaux, p. 723 ; La résistivité et le pouvoir thermo-électrique du calcium métallique, p. 724.

Section industrielle. — Emission de signaux par les centrales électriques, leur réception chez l'abonné, par Pierre TRICHARD, p. 725. — L'alimentation des fours électrométallurgiques monophasés par les systèmes de distribution triphasés, par E. PIERNET, p. 732. — Revues, analyses et informations : L'amélioration du facteur de puissance des stations centrales suisses grâce à des modifications de tarifs, p. 735.

Section économique et financière. — Congrès général du Génie civil (*suite*), p. 737. — Revues, analyses et informations : Développement commercial des industries techniques en Chine, p. 741. — Assemblées générales : Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, p. 743 ; L'Eclairage électrique, p. 743 ; Société anonyme des Forces motrices de la Garonne, p. 743 ; Compagnie l'Union des Gaz, p. 744 ; Compagnie centrale d'Eclairage par le gaz (Lebon et Cie), p. 744.

L'uniformisation des tableaux de distribution. — Celui qui feuillette pour la première fois un journal technique américain est le plus souvent surpris, non seulement par l'abondance des annonces qu'il renferme, mais encore et surtout par les illustrations curieuses dont elles sont émaillées. Ces gravures, fort bien faites en général et non moins bien soignées comme impression, attirent l'œil et retiennent un instant l'attention du lecteur, c'est là leur rôle, mais il y a mieux, elles sont parfois instructives. C'est ainsi, pour ne citer qu'un seul exemple, que dans les annonces de récentes publications industrielles des Etats-Unis, l'attention du public est attirée sur l'emploi de tableaux « standards ». Il ne s'agit pas en l'espèce, comme on pourrait le croire, des tableaux téléphoniques d'intercommunication bien connus de tous les électriciens, mais tout simplement de panneaux de tableaux de distribution pour usines que l'on vend chez nos amis et alliés tout montés et prêts à être posés.

Il y a là, nous semble-t-il, une question intéressante à mettre en pratique par l'industrie française. Ne pourrait-on pas établir à l'avance des panneaux de génératrices de différents calibres, des panneaux de moteurs, etc., en un mot uniformiser un peu la construction des tableaux de distribution, on y gagnerait à la fois sur le prix de revient et sur le délai de livraison. Nous croyons savoir que déjà certains constructeurs ont envisagé la chose, mais peut-être un peu timidement ; il ne manque à cela qu'une entente entre le consommateur et le constructeur. Serait-ce trop demander aux acheteurs que d'obtenir d'eux qu'ils renoncent aux vieilles habitudes de commander du matériel « sur mesure » suivant leurs convenances personnelles, tandis qu'avec un peu de bonne volonté ils pourraient se contenter le plus souvent de machines prises dans les séries courantes. Il ne faut pas se lasser de le répéter, après la guerre la main-d'œuvre sera rare et chère, on devra avant tout la bien utiliser et pour cela se borner à quelques bonnes séries de machines établies d'après un choix judicieux. En ce qui concerne la construction des tableaux, il en sera de même et en dehors des cas particuliers on devra créer des séries de panneaux répondant aux cas les plus fréquents de la pratique, comme le font nos excellents alliés des Etats-Unis. Déjà l'industrie automobile prend ses dispositions pour établir des séries bien définies, pourquoi l'industrie électrique n'en ferait-elle pas autant ?.

A. S

Société internationale des Électriciens. — Séance du 2 mai 1918. — La première communication de M. A. Larnaude avait pour titre : « Etat actuel de la fabrication des lampes à incandescence. » M. A. Larnaude décrit les différentes phases de la fabrication des lampes à incandescence et montre les progrès que ces lampes ont réalisés depuis leur création. La consommation des lampes à filament

Digitized by Google

métallique actuelles est de 1,1 w : b à 1,3w : b et leur durée varie de 1000 à 1200 heures, en appelant durée de la lampe le temps pendant lequel elle fonctionne sans que son intensité lumineuse soit inférieure de 20 pour 100 à l'intensité primitive. M. A. Larnaude montre ensuite les avantages considérables des lampes à incandescence à gaz inerte, connues sous le nom de lampes demi-watt et dont la consommation est d'environ 0,6 w : b. Il donne des renseignements techniques des plus intéressants sur la construction de ces lampes et termine en déclarant qu'il est indispensable de définir les lampes par leur flux exprimé en lumens, ce qui évitera toute confusion.

La seconde communication, faite par M. Iliovici, avait pour titre : « Etude de quelques modes de tarification de l'énergie électrique dans lesquels le prix du kilowatt-heure dépend du cos φ des installations. Compteurs et wattmètres spéciaux. »

M. Iliovici a rappelé tout d'abord les différents systèmes de tarification qui ont été proposés pour tenir compte du cosinus φ de l'abonné et entre autres le système Arno et le système proposé par M. Boucherot. Il a fait une description des compteurs Arno et montré leurs désavantages qui sont surtout de ne donner des indications conformes aux conditions que l'on veut réaliser qu'entre certaines valeurs du cos φ, 0,9 et 0,5 par exemple, en deçà et au delà les erreurs sont très élevées ; entre autres, l'abonné dont le cos φ serait plus grand que 0,9 aurait un compteur dont les indications seraient de 30 pour 100 trop élevées ; ces compteurs ne sont donc pas recommandables pour les cosinus φ très élevés ou très bas (l'erreur pouvant alors atteindre 50 pour 100). Le système proposé par M. Boucherot consiste à tarifer $\Sigma (\alpha UI \cos\varphi + \beta UI \sin\varphi) dt$; M. Iliovici estime, ce qui revient d'ailleurs au même, qu'il vaut mieux tarifer $\Sigma (UI \cos\varphi + AUI \sin\varphi) dt$ où on prendrait pour A des valeurs comprises entre 1/3 et 1/4. Pour arriver au résultat désiré, M. Iliovici pense que, pour les gros abonnés, il y aurait lieu d'employer deux compteurs, un compteur de cosinus ou compteur ordinaire et un compteur de sinus ; pour les petits abonnés on pourrait employer un compteur spécial des compteurs portant une bague en court-circuit sur leur circuit magnétique ; en jouant sur la résistance de la bague on peut réaliser les conditions désirées.

M. Iliovici donne ensuite des renseignements sur les différents types de wattmètres et compteurs, étudie l'influence de la fréquence et décrit plusieurs méthodes d'étalonnage.

Comité électrotechnique français. — Nous donnons plus loin, p. 720, le compte rendu officiel de la séance du 14 février 1918 de ce Comité. Le Comité s'est réuni le 29 avril. Dans cette dernière séance le président, M. Brylinski, a fait connaître les réponses officieuses faites à la lettre envoyée à la Commission internationale au sujet des dérogations apportées aux décisions de cette Commission dans les « Règles pour les machines électriques » publiées en Angleterre et aux Etats-Unis ; M. Zetter a ensuite entretenu le Comité de l'état actuel de la question de l'unification des culots et supports de lampes à incandescence ; sur la demande de M. Grosselin quelques modifications de détail ont été apportées au texte des spécifications concernant les câbles électriques ; le président a ensuite donné lecture de la circulaire du ministre des Travaux publics et des Transports concernant l'uniformisation de la nature du courant et des tensions dans les réseaux de distribution d'énergie électrique, circulaire qui a été reproduite dans le précédent numéro de la « R. G. E. » p. 670.

Société française de Physique. — Séance du 3 mai 1918. — La séance de la Société de Physique fut consacrée à l'audition de deux communications : 1° *Le phénomène magnétocalorique*, par MM. Pierre Weiss et Auguste Piccard, présenté par M. A. Guillet ; et 2° *Induction et viscosité des fluides*, par M. A. Guillet.

Le phénomène magnétocalorique se manifeste sur les substances ferromagnétiques, il a été étudié d'abord sur le nickel par MM. Weiss et Piccard.

Chauffons un échantillon de nickel au four électrique, au voisinage du point de Curie θ, la température étant donnée par un couple constantan-argent ; soumettons alors l'échantillon à un champ magnétique, on constatera, lors de l'établissement du champ, une élévation de température de l'échantillon qui atteindra 0,7° lors de l'établissement d'un champ de 15000 gauss. Laissons maintenant l'échantillon reprendre la température du four et supprimons le champ, il se produira un abaissement de température correspondant égal à l'élévation de température obtenue lors de l'établissement du champ : on peut déduire de là immédiatement que l'hystérésis n'intervient pas dans le phénomène.

De plus, en réalisant l'expérience sans échantillon, on constate que l'établissement ou la suppression du champ ne produit sur le couple thermo-électrique qu'une variation de $\frac{1}{2000}$ de degré. C'est donc bien l'échantillon qui produit le phénomène. M. A. Guillet rappelle alors quelques propriétés du point de Curie ; ce point correspond à la disparition du magnétisme spontané ; de plus, en ce point, la courbe de la chaleur spécifique moyenne du corps présente un point anguleux, et par conséquent la courbe de la chaleur spécifique vraie présente en ce point une discontinuité.

M. Weiss, en se plaçant un peu au-dessus du point de Curie, a constaté que la variation de température Δt est proportionnelle au carré de la variation de l'aimantation σ, $\frac{\Delta t}{\sigma^2}$ est constant, le magnétisme spontané n'existe pas et l'aimantation apparente coïncide avec l'aimantation vraie. Un peu au-dessous du point de Curie, au contraire, il y a du magnétisme spontané, et le rapport $\frac{\Delta t}{\sigma^2}$ n'est plus constant, la courbe de Δt en fonction de σ^2 n'est plus une droite, mais dès qu'on dépasse le point de Curie on obtient une droite parallèle à celle obtenue précédemment en opérant directement à une température un peu au-dessus du point de Curie. M. Weiss a réalisé l'expérience en opérant sur un ferro-nickel à 27 pour 100 de nickel et 2 pour 100 de carbone qui a la propriété d'avoir son point de Curie à la température ordinaire des laboratoires.

M. A. Guillet, après cet exposé physique et expérimental de la question, en fait l'exposé mathématique d'après la méthode de M. Weiss, et il montre comment, à l'aide des courbes obtenues, on peut arriver à déterminer l'aimantation vraie des corps étudiés.

Dans la deuxième communication, M. A. Guillet a exposé une méthode, dont il est l'auteur, permettant, en se servant d'un galvanomètre à cadre mobile en régime critique, de déterminer la viscosité des fluides. Le procédé est des plus ingénieux, nous ne pouvons l'exposer dans un éditorial, mais nous en reparlerons plus tard.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur un abaque destiné à faciliter le calcul des rhéostats d'excitation

Bien que, théoriquement, les rhéostats d'excitation doivent être calculés en partant des caractéristiques de la machine à régler, on se contente le plus souvent de les graduer suivant une courbe empirique. L'auteur préconise dans ce but l'emploi de l'hyperbole équilatère, et décrit un abaque permettant d'effectuer en quelques instants tous les calculs relatifs à la détermination d'un tel rhéostat.

On sait que, en principe, un rhéostat d'excitation pour génératrice ou moteur doit être gradué en partant des caractéristiques de la machine à régler; on trouve dans les traités spéciaux des méthodes graphiques à l'aide desquelles cette gradation s'effectue.

Cependant les ateliers de construction n'adoptent guère ces méthodes, surtout pour les petites et moyennes machines; d'une part, en effet, ces diagrammes sont longs à établir; de plus, ils exigent la prédétermination exacte des caractéristiques, chose peu facile à réaliser avec une grande précision; en outre, il est nécessaire de pouvoir compenser les écarts d'excitation dus à l'échauffement des machines, ainsi que les différences individuelles des machines de série, écarts dus aux imperfections d'usinage et surtout au manque de régularité des propriétés des matériaux magnétiques. Ces différentes causes font que la gradation, même faite avec la plus grande précision, ne répond pour ainsi dire jamais exactement aux conditions prévues.

Pour toutes ces raisons, on préfère le plus souvent munir le rhéostat d'un nombre de plots un peu plus grand qu'il n'est nécessaire et adopter une gradation d'allure régulière, quelles que soient les constantes de la machine dont on veut effectuer la régulation.

La courbe qui donne les meilleurs résultats dans la plupart des cas est l'hyperbole équilatère (1), dont l'équation peut s'écrire

$$R\,(1 - kp) = R_0, \qquad (1)$$

expression dans laquelle

R est la résistance totale du circuit au plot de rang p;

R_0 la résistance des inducteurs seuls;

p le rang du plot considéré à partir du court-circuit;

k un coefficient dépendant de la construction de la machine et du nombre de plots du rhéostat.

(1) Nous ne considérerons pas dans la présente étude le cas des rhéostats potentiométriques qui doivent être calculés de façon toute spéciale (voir notre étude de *l'Industrie électrique*, septembre 1916).

Certains constructeurs adoptent parfois, au lieu d'une hyperbole, une courbe exponentielle à cause de la facilité de gradation que procure cette courbe en utilisant la règle à calcul. A notre avis, cette gradation, admissible lorsque la résistance du rhéostat est de l'ordre de grandeur de celle des inducteurs, devient complètement inexacte lorsque le rhéostat est relativement très résistant.

Si n est le nombre d'interplots du rhéostat choisi et R_n la résistance totale à insérer, nous aurons évidemment

$$R_n\,(1 - kn) = R_0, \qquad (2)$$

d'où nous pouvons tirer k si R_n et n sont donnés.

D'autre part, si la tension qui alimente le circuit inducteur est constante (ce qui est exact pour les moteurs à vitesse variable et suffisamment approché pour les génératrices auto-excitatrices à tension constante) le courant i sera de la forme

$$i = \frac{U}{R} = \frac{U\,(1 - kp)}{R_0}, \qquad (3)$$

c'est-à-dire variera linéairement d'un bout à l'autre du rhéostat.

Dans la plupart des cas, le constructeur de la machine fournit au constructeur du rhéostat les renseignements suivants :

Résistance du rhéostat $(R_n - R_0)$; courant maximum (i_0); courant minimum (i_n).

Ou bien :

Résistance du rhéostat $(R_n - R_0)$; résistance des inducteurs (R_0); tension d'excitation (U).

* * *

Proposons-nous d'établir un abaque permettant d'effectuer sans calculs les gradations indiquées ci-dessus.

Digitized by Google

Sur un système d'axes ox, oy, portons, l_1 et l_2 étant deux modules quelconques,

$$x = l_1 p, \quad y = \frac{l_2}{R}.$$

Nous obtiendrons un quadrillage tel que celui de la figure 1.

L'équation (1) peut alors s'écrire

$$y = y_0 \left(1 - \frac{k}{l_1} x\right), \qquad (4)$$

qui représente une droite.

Supposons connues les valeurs R_0, R_n et n; la droite (4)

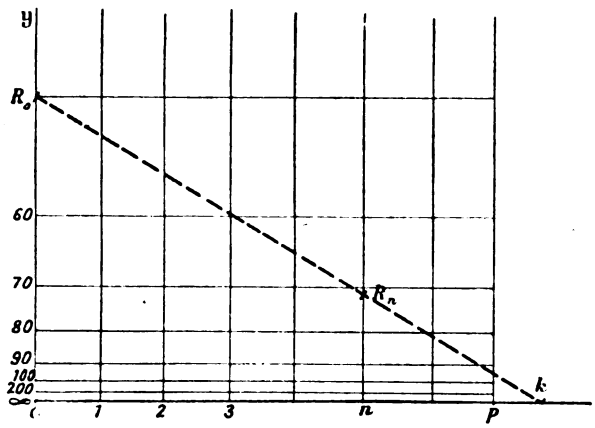


Fig. 1.

sera déterminée et les points d'intersection de cette droite avec les verticales 0, 1, 2, ... p ... n donneront en ordonnées la valeur de la résistance R au plot correspondant R_0, R_1, R_2 ... R_p ... R_n.

Remarquons d'ailleurs que, pour $y = 0$, $kx = l_1$, d'où $k = \frac{1}{p}$; la valeur de k est donc l'inverse de la cote p lue au point de rencontre de l'axe des x et de la droite (4).

La figure 1 pourrait donc servir d'abaque pour le calcul de la gradation du rhéostat, mais nous verrons plus loin que, pour en rendre l'usage plus pratique, nous avons été conduit à la modifier sensiblement.

Sur un système d'axes analogue, portons maintenant (figure 2)

$$x = l_1 p,$$
$$z = l_3 i.$$

Il est facile de voir de même que l'équation (3) devient

$$z = z_0 \left(1 - \frac{k}{l_1} x\right), \qquad (5)$$

et représente une droite. La figure 2 peut donc servir d'abaque pour le calcul des intensités à chaque plot (et par suite des sections de conducteurs à adopter).

On peut remarquer que les droites R de la figure 1 et i de la figure 2 coupent l'axe des x au même point $k = \frac{1}{p}$.

Ces deux abaques pourraient être accolés, mais il ne serait pas possible de faire apparaître le produit $Ri = U$

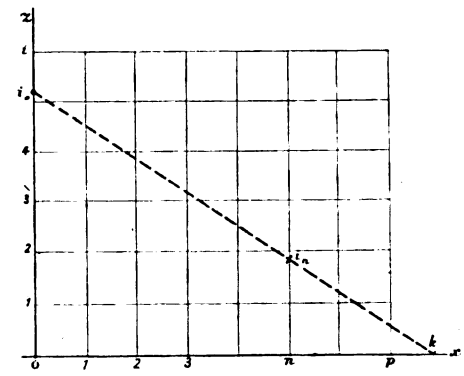


Fig. 2.

qui est souvent une donnée. Pour y parvenir, nous allons avoir recours à un artifice.

Les équations et résultats précédents ne changent évidemment pas si, au système de coordonnées rectangulaires, nous substituons des coordonnées obliques. En particulier, adoptons pour le système (1) (p, R) un angle de 60° et pour le système (2) (p, i) un angle de 120°; les deux figures peuvent alors se superposer en donnant la figure 3.

L'entrecroisement des obliques p et des horizontales

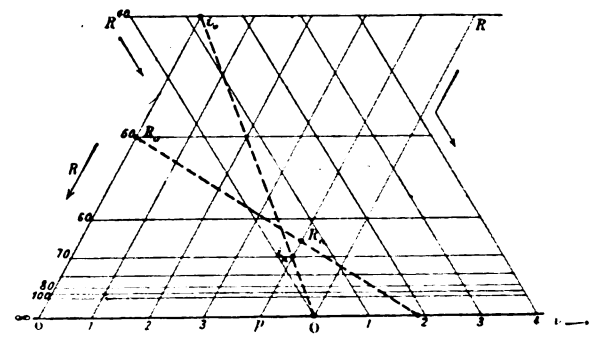


Fig. 3.

R constitue le premier abaque; celui des obliques p et des obliques i constitue le second.

Cherchons maintenant ce que donne l'entrecroisement des obliques i et des horizontales R; pour cela, considérons les obliques p comme appartenant au système de coordonnées x y (fig. 4); ces droites étant normales à la bissectrice de l'angle x o y, auront pour équation $x + y - l_3 i = 0$:

Digitized by Google

Or, nous avons

$$l_1 p + \frac{l_2}{R} - l_3 i = 0,$$

d'où

$$l_1 p R + l_2 - l_3 U = 0,$$

et

$$l_2 x + l_2 y - l_3 U y = 0, \qquad (6)$$

ce qui montre que les lignes correspondant à une tension constante U sont des droites passant par l'origine

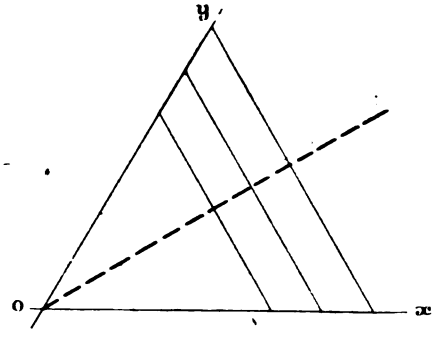


Fig. 4.

et ayant pour coefficient angulaire dans le système oblique

$$\frac{l_2}{l_2 - l_3 U}. \qquad (7)$$

Pour la clarté du dessin, nous ne ferons pas coïncider l'origine avec le point $p = 0$ de l'axe des x, mais avec une valeur arbitraire $p = p_0$, ce qui ne changera rien à l'équation (6).

Nous pourrons nous dispenser de tracer sur l'abaque les radiantes (U) à condition de marquer sur une ligne support absolument arbitraire les valeurs de U données par l'intersection de cette ligne et de la radiante correspondante. Notre abaque sera ainsi complètement réalisé.

Mais l'expérience montre que, tracé dans ces conditions, ce nomogramme serait d'un emploi peu pratique, par suite de l'emploi de l'échelle $\frac{l_2}{R}$; cette échelle donne, en effet, des cotes très espacées pour les faibles valeurs de R et très rapprochées pour les résistances élevées.

Pour remédier à ce défaut, nous avons eu recours à une méthode d'anamorphose inverse de celle indiquée par M. Lafay (1); nous avons considéré l'abaque à obtenir comme une perspective de l'abaque précédent supposé situé sur le géométral, la ligne de terre étant confondue avec l'axe des x. Dès lors, les obliques parallèles deviennent des droites concourantes, les deux points de distance des systèmes (p) et (i) étant équidistants du point principal; la gradation en R portée sur une quelconque de ces obliques devient une échelle linéaire; comme la distance verticale entre le point coté o et le point coté ∞ est égale à la hauteur de la ligne d'horizon, nous disposons de la dimension verticale de l'abaque; la distance horizontale du point de vue détermine la position des points de distance et, par suite, l'obliquité des droites; enfin, les échelles portées sur l'axe des x ne sont pas changées.

L'équation (7) montre que, dans l'abaque primitif, les radiantes U coupent toute horizontale suivant une

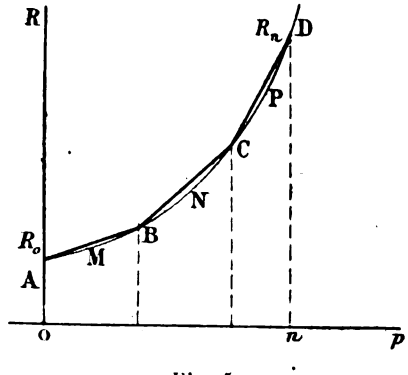


Fig. 5.

échelle régulière; dans l'abaque transformé, il en est évidemment de même, ce qui rend particulièrement facile le tracé de l'échelle (U); si d'ailleurs les nécessités du format l'exigent, ce qui est le cas, il est possible de dédoubler cette échelle en réduisant le module pour les tensions élevées.

Pour tracer l'échelle (R), la méthode la plus simple est d'utiliser l'échelle U ainsi déterminée et une oblique (i); pour une valeur constante de i, R et U sont, en effet, proportionnels; c'est ainsi que notre abaque a été gradué, en menant par le pôle et l'horizontale des (U) des radiantes coupant l'oblique $i = 10$ A, au point $R = \frac{U}{10}$.

Le nomogramme faisant l'objet de cette étude a été construit avec les modules suivants (1) :

$l_1 = 10$ mm ;

$l_3 = 20$ et 200 mm (l'échelle étant double) ;

Cote du point de vue $= 400$ mm ;

Eloignement du point de vue $= 100$ mm.

L'échelle des volts a été tracée de o à 250 v au module de 1 mm par volt.

Un calcul facile, mais inutile à exposer ici, donne pour distance verticale de cette échelle au pôle 347 mm; l'échelle a été poursuivie de 250 à 500 v au module 1/2 mm par volt, la hauteur verticale de cette échelle étant alors de 173,5 mm.

(1) M. d'Ocagne. *Traité de nomographie*, p. 137 et sq.

(1) En réalité, par suite des nécessités du format, la planche figurée ci-jointe a été réduite à l'échelle $\frac{1}{2}$.

Digitized by Google

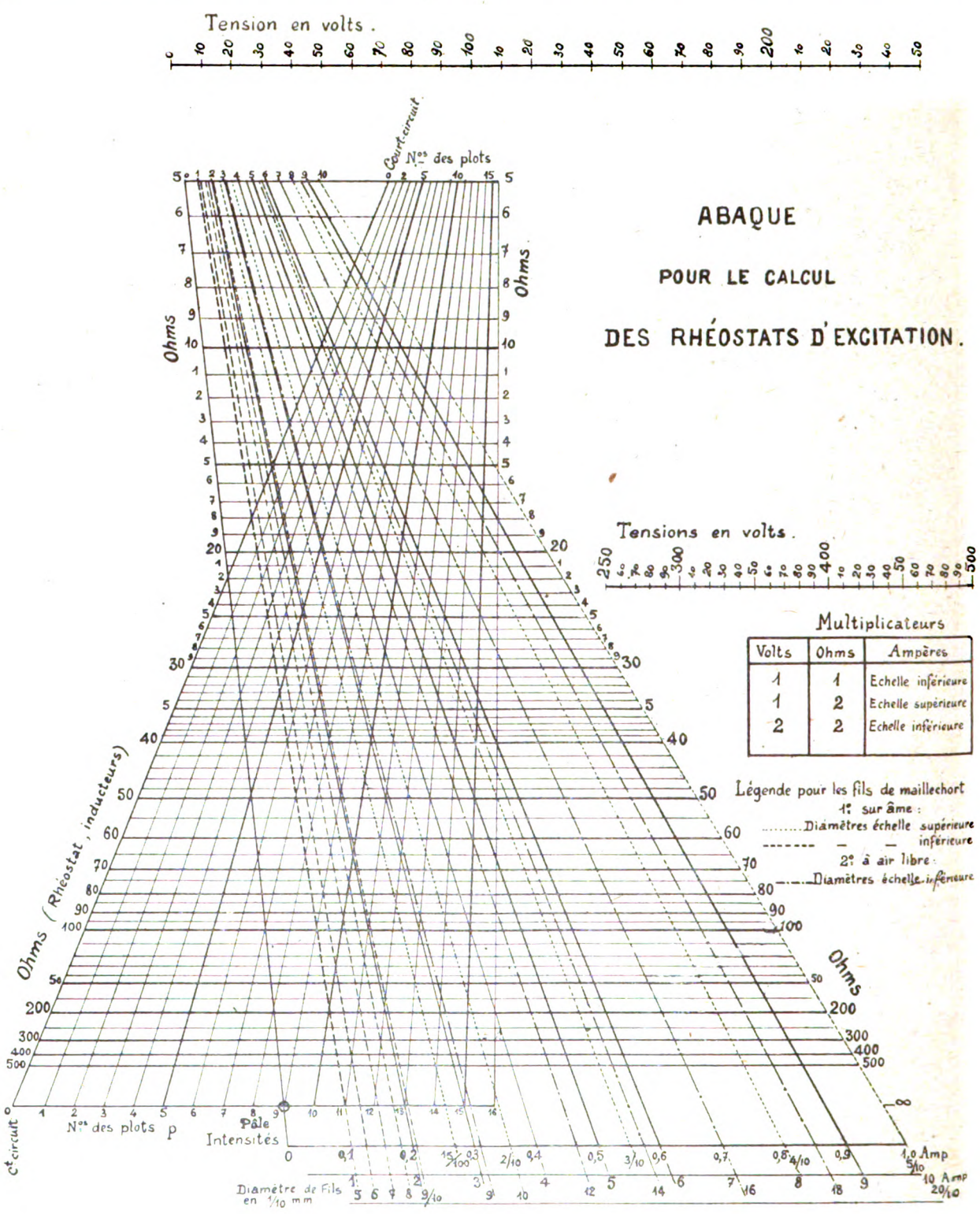


Fig. 6.

Remarque. — Dans les ateliers de construction, on utilise d'ordinaire, pour constituer les résistances, un genre de construction et un métal bien déterminés, par exemple des boudins de maillechort ; l'expérience fait connaître dans chaque cas l'intensité que peut supporter un diamètre de fil donné pour un échauffement déter-

Digitized by Google

miné. Les diamètres de fil pourront alors être portés sur l'abaque, à la valeur de l'intensité correspondante ; l'alignement donnant les intensités fera connaître en même temps la section de fil à adopter au plot correspondant.

Nous avons ainsi figuré sur notre abaque les valeurs des diamètres de fil de maillechort de résistivité égale à 40 microhms-cm pour des boudins de grosseur moyenne et un échauffement de 100°.

RÉSUMÉ, USAGE DE L'ABAQUE. — A. — *Pour graduer les résistances.* — Porter sur l'oblique $p = 0$ la résistance des inducteurs seuls R_0, et sur l'oblique p correspondant au nombre total d'interplots ($p = n$) la résistance totale maximum du circuit rhéostat et inducteurs; joindre ces deux points par une droite. Les intersections de cette droite avec les obliques $p = 1$, $p = 2 \ldots$, $p = n$, donneront horizontalement la valeur de la résistance au plot correspondant (résistance des inducteurs comprise).

B. — *Pour graduer les intensités et déterminer les fils.* — *a*) Si l'on connaît les intensités maximum et minimum, on marque sur l'oblique $p = 0$ l'intersection avec l'oblique $i = i$ maximum, et sur l'oblique $p = n$, l'intersection avec l'oblique $i = i$ minimum ; on joint ces deux points par une droite. Les intersections de cette droite avec les obliques $p = 1, p = 2 \ldots . p = n$, donneront sur les obliques i l'intensité sur le plot correspondant et le diamètre du fil à employer,

b) Si l'on connaît seulement la tension d'excitation (U) supposée constante, on mène par le pôle une droite passant au point coté (U) sur l'échelle des volts ; l'intersection de cette droite avec l'horizontale $R = R_0$ donne sur les obliques i l'intensité maximum cherchée; l'intersection de cette même droite avec l'horizontale $R = R_n$ (résistance totale) donne de même l'intensité minimum. On reporte ces deux intensités sur les obliques $p = 0$ et $p = n$ et l'on opère comme précédemment (*a*).

c) Si la résistance des inducteurs R_0 n'est pas connue, mais l'intensité maximum donnée, on opérera à l'inverse de (*b*) pour déterminer cette résistance ; on en déduira R_n et la gradation comme en A.

Remarques. — 1° Il est rare que les ateliers de construction suivent point par point la courbe de gradation calculée ; il serait en effet nécessaire d'avoir autant d'éléments résistants inégaux que d'interplots, ce qui serait compliqué et coûteux. Aussi, on substitue d'ordinaire à la courbe MNP un certain nombre de portions de droites AB, BC, CD, donnant avec la courbe un écart faible, mais réalisant dans chaque portion des résistances égales ; le nombre de segments à adopter est naturellement empirique, et dépend de la précision exigée ; trois ou quatre suffiront le plus souvent, sauf si le rhéostat est très résistant par rapport aux inducteurs, c'est-à-dire si le rapport $\frac{R_n}{R_0}$ est très grand.

Naturellement, on fait coïncider les changements de résistance avec les changements de section de conducteur toutes les fois que cela est possible.

Notre abaque permet de résoudre très simplement ce problème ; on commence par déterminer la gradation en intensités et les diamètres de fils, conformément aux indications du paragraphe B précédent ; les changements de conducteurs, donnés par l'intersection de la droite des intensités avec les droites correspondant à chaque fil, déterminent les numéros des plots où doivent s'opérer ces changements ; on note ces plots ; on procède ensuite à la gradation de la résistance en ne notant que les numéros de plots obtenus ; ces deux opérations peuvent d'ailleurs se faire simultanément en utilisant pour l'alignement, soit deux droites tracées chacune sur un transparent, soit plus simplement deux fils tendus.

2° On a pu, sur l'abaque, se borner à graduer p de 0 à 16, alors que la plupart des rhéostats d'excitation ont un nombre de plots supérieur à 17. On peut en effet substituer au nombre p un nombre mp, m étant un facteur quelconque ; 2,5 ou 10 par exemple ; il pourrait en résulter quelque complication, si l'on désirait avoir la gradation plot par plot, mais par suite de la remarque précédente (n° 1), cette opération est inutile et l'abaque donne une précision suffisante malgré cette simplification.

Exemple numérique. — Soit à réaliser le rhéostat d'excitation d'une machine shunt répondant aux conditions suivantes :

Tension d'excitation $U = 110$ v;

Résistance des inducteurs à froid $R_0 = 20$ ohms;

Résistance du rhéostat seul $R_n - R_0 = 80$ ohms, d'où $R_n = 100$; nombre de plots du rhéostat : 11, d'où $n = 10$.

Par le pôle P et le point 110 de l'échelle des volts, menons une droite ; celle-ci coupe l'horizontale $R = 20$ au point $i_0 = 5{,}5$ et l'horizontale $R = 100$ au point $i_n = 1{,}1$.

Marquons sur l'oblique $p = 0$ le point $i_0 = 5{,}5$ et sur l'oblique $p = 10$, le point $i_{10} = 1{,}1$ et joignons ces points. Nous voyons que, en employant du fil de maillechort ($\rho = 40$ microhms-cm) avec un échauffement de 100° (condition de tracé des droites donnant les diamètres de fils) nous pouvons utiliser

du 12/10	jusqu'à $p =$	2	ces boudins étant à air libre
10/10	Id.	4	
9/10	Id.	5	
8/10	Id.	8	ces boudins étant montés sur âme support
7/10	Id.	9	
6/10	Id.	10	

Il en résulte que nous pourrions remplacer la courbe par six portions de droites ; ce nombre étant un peu élevé, nous ne garderons que trois valeurs et nous prendrons

12/10	de	$p = 0$	à	$p = 4$
9/10	de	$p = 4$	à	$p = 8$
7/10	de	$p = 8$	à	$p = 10$.

Pour graduer la résistance, nous marquons maintenant sur l'oblique $p = 0$ le point $R_0 = 20$ et sur l'oblique

Digitized by Google

$p = 10$, le point $R_{10} = 100$, et nous joignons ces points ; l'intersection de cette transversale avec les obliques p nous donne

pour	$p = 0$	$R = 20$
	$p = 4$	$= 29{,}5$
	$p = 8$	$= 56$
	$p = 10$	$= 100$.

Chacun des quatre premiers interplots aura donc

$$\frac{29{,}5 - 20}{4} = 2{,}37 \text{ ohms}$$

et sera boudiné en fil de 12/10.

Chacun des quatre interplots suivants aura

$$\frac{56 - 29{,}5}{4} = 6{,}6 \text{ ohms}$$

et sera boudiné en fil de 9/10.

Chacun des deux derniers interplots aura

$$\frac{100 - 56}{2} = 22 \text{ ohms}$$

et sera boudiné en fil de 7/10.

Il ne reste plus qu'à déterminer les longueurs de fils, ce qui ne présente aucune difficulté.

P. Poitrimol.

Revues, analyses et informations

Comité Électrotechnique Français.

Séance du 14 février 1918 (1).

La séance est ouverte à 14 h 30. sous la présidence de M. E. Brylinski, président du Comité.

Etaient présents : MM. Armagnat, Beaujard, Blondin, Bochet, Berthelot, Boucherot, Brylinski, David, Desjacques, Eschwege, Grosselin, Guittard, Janet, Legouez, Ragonot, Schwarberg et Sée.

Excusés : MM. Cordier, Fontaine, Hillairet, Perrin, Pouquet, Sailly et Zetter.

I. — Procès-verbal. — Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté sans observation.

II. — Correspondance. — 1° *Bureau central.* — M. le Président donne lecture de la lettre qu'il a adressée au Bureau central de la Commission à Londres, conformément à la décision du Comité, au sujet des dérogations apportées aux décisions de la Commission internationale dans les « Règles pour les machines électriques » publiées en Angleterre et aux Etats Unis.

2° *Syndicat professionnel des Fabricants de fils et câbles électriques.* — Ce syndicat a demandé son admission dans le Comité.

Comme il est de formation récente et que, d'après les statuts, les sociétés adhérentes doivent avoir au moins trois années d'existence, le Comité décide que la demande ne peut être acceptée, pour le moment.

3° *Société amicale des Ingénieurs électriciens.* — Lettre désignant comme mandataires MM. Brocq et Schwarberg.

III. Règles pour les machines électriques. — Le Comité continue l'examen des règles depuis l'article 33 à l'article 68.

IV. — Procédure a suivre pour saisir les sociétés adhérentes des questions étudiées par le Comité. — Après échange d'idées, le Comité nomme une Commission composée de MM. Boucherot, Brylinski, David, Eschwege et Sée. Cette Commission est chargée de préparer une proposition à soumettre au Comité.

La séance est levée à 16 heures.

(1) Voir le compte rendu de la précédente séance, *R. G. E.*, 23 février 1918, t. III. p. 279.

Rayonnement des filaments de tungstène droits et hélicoïdaux (1).

Les propriétés émissives des filaments de tungstène ont fait l'objet de nombreuses recherches ayant pour but d'établir les lois de la répartition de l'énergie dans le spectre en fonction de la longueur d'onde, similaires à la loi de Wien-Planck pour le corps noir.

Dans un précédent travail (2), relatif aux constantes de radiation des métaux, la loi de Wien avait été prise pour base. Les résultats obtenus ont montré que la distribution de l'énergie dans le spectre d'émission des métaux ne peut pas être représentée par une équation aussi simple que la formule de Wien.

Dans les recherches, qui ont suivi, sur le pouvoir réflecteur du tungstène et des autres métaux, il a été démontré qu'une formule de l'émission doit contenir des facteurs tenant compte de la variation du pouvoir émissif (1 — pouvoir réflecteur) qui est une fonction de la longueur d'onde et de la température.

Une autre étude sur le pouvoir réflecteur du tungstène (3) donne les raisons de l'émission sélective du tungstène dans la portion visible du spectre qui fait que l'intensité de la radiation, relativement à celle du corps noir, est plus grande dans le bleu que dans le rouge.

Constantes de radiation d'une lampe a filament de tungstène a atmosphère d'azote. — L'arrivée sur le marché, il y a environ trois ans, de lampes à filament de tungstène à atmosphère inerte a poussé la recherche des constantes de radiation des métaux à des températures plus élevées qu'il n'avait été fait jusqu'alors.

Les premières mesures sur un filament de tungstène

(1) W.-W. Coblentz. *Scientific Papers of the Bureau of Standards*, bulletin du 8 juin 1917, n° 300, p. 115-131, 5 500 mots, 5 fig.

(2) *Scientific Papers*, 1908, n° 5, p. 339.

(3) *Scientific Papers*, 1910, n° 7, p. 197.

Digitized by Google

hélicoïdal ont été effectuées en janvier 1914. La lampe avait la même émission qu'une lampe à filament de tungstène à vide alimentée à 1,2 w : b. Les courbes d'énergie spectrale de ces deux types de lampes furent observées au moyen d'un spectrobolomètre à vide et d'un prisme de fluorine.

La courbe du filament hélicoïdal coïncidait si exactement avec la courbe de la lampe à vide que les faibles divergences furent attribuées à une variation du pouvoir absorbant du verre des ampoules (1) qui est très marqué pour des longueurs supérieures à 2 μ. Pour cette raison, la longueur d'onde d'émission maximum ($\lambda_m = 1\,180$ mμ) du filament hélicoïdal était la même que celle ($\lambda_m = 1\,200$ mμ) de la lampe à vide lorsque celle-ci fonctionnait dans les mêmes conditions de coloration ; la constante α (2), mentionnée ci-dessous, était la même que celle du filament droit. La longueur d'onde d'émission maximum de la lampe à filament hélicoïdal dans les conditions normales d'alimentation (968 w, 110 v) était $\lambda_m = 1\,060$ mμ.

La valeur de la constante α, ($\alpha - 1 = 4$ pour un corps noir), pour différents points de la courbe ne variait pas autant que dans le travail précédent, de $\alpha = 6{,}56$ à $\alpha = 6{,}92$ avec valeurs prédominantes pour $\alpha = 6{,}8$. Ce fait montre que l'émission du tungstène est proportionnelle à la puissance 5,8 c'est-à-dire à la puissance $(\alpha - 1)$ de sa température. Cette valeur est exactement la même que celle observée par l'auteur sur un filament droit qui ne pouvait pas être constitué par un métal aussi pur que celui de la présente étude.

Aspect d'un filament hélicoïdal de tungstène incandescent. — L'aspect d'un filament hélicoïdal de tungstène incandescent dans une atmosphère d'azote est intéressant

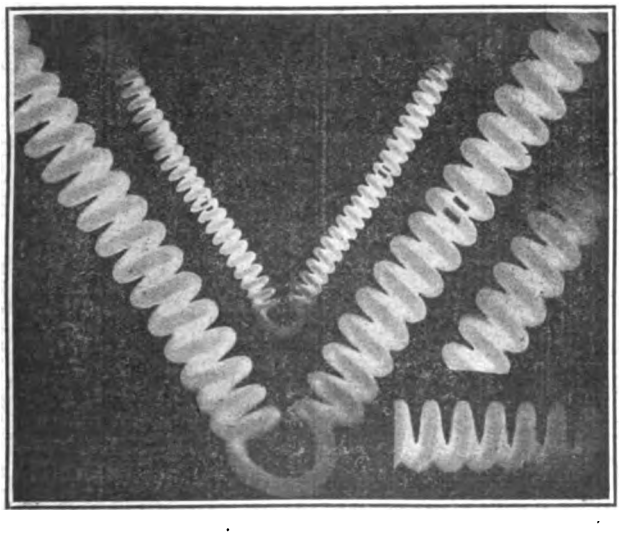


Fig. 1. — Photographie d'un filament hélicoïdal de tungstène porté à l'incandescence dans une atmosphère gazeuse ; l'intérieur des 3 spires apparait plus brillant que l'extérieur.

L'intérieur de la spirale est beaucoup plus brillant que l'extérieur. Cette particularité est nettement mise en évidence par la photographie de la figure 1 qui reproduit précisément le filament sur lequel l'auteur a expérimenté. Les rectangles en noir marquent les repères intérieurs et extérieurs de la spire sur lesquels était pointé le photomètre. Ce dernier appareil était un photomètre physique dont la description est donnée dans le mémoire. Les mesures effectuées ont permis de reconnaître que le rapport des brillances de la surface interne et de la surface externe de l'hélice était de 1,87. Cet éclat beaucoup plus grand de la surface interne est assurément dû aux réflexions multiples.

En effet, sur les schémas A et B de la figure 2 on voit très bien qu'en prenant pour unité d'intensité la lumière

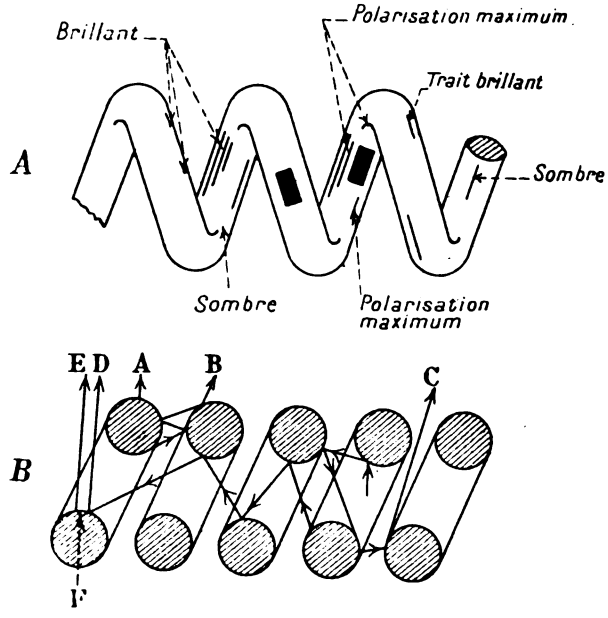


Fig. 2. — Figuration schématique des réflexions multiples qui se produisent à l'intérieur d'un filament incandescent.

émise directement par le point E, à l'intérieur de la spire, l'intensité dans la direction parallèle D sera $1 + R$ en tenant compte de la lumière réfléchie par la spire contiguë ; R est le pouvoir réflecteur du tungstène ; l'appoint de la deuxième spire suivante sera R^2 ; celui de la troisième, R^3, etc. La brillance accrue en D sera donc $1 + R + R^2 + R^3$. L'observation des bords de la spire, parallèlement à son plan suivant la direction B, prouve aussi que l'augmentation de la brillance par rapport au filament droit, observé dans les mêmes conditions, résulte encore de la réflexion multiple.

Au point F, situé au sommet intérieur de la spire et visé suivant la direction D, il n'y a plus de réflexion multiple, pas plus que dans les régions sombres du schéma A. L'intensité y est donc la même que sur le pourtour extérieur de la spire. En admettant 0,51 pour le facteur de réflexion du tungstène, on trouve pour la brillance accrue par 3 réflexions $1 + R + R^2 + R^3 = 1{,}90$, nombre assez voisin de celui donné par les mesures directes.

Dans le « Physical Review » de novembre 1916, p. 473, M. B.-E. Shackelford a publié des résultats pleinement d'accord avec ceux relatés plus haut. Il a trouvé, par exemple, que le rapport des brillances externes et internes est toujours plus grand pour le bleu ($\lambda = 0{,}493$ μ) que pour le rouge ($\lambda = 0{,}656$ μ), c'est-à-dire que le rayonnement de l'intérieur de l'hélice est toujours plus intense dans le

(1) Coblentz, *Lighting Journal*, février 1914, n° 2, p. 35.

(2) La constante de radiation est définie par la formule du rayonnement de Wien

$$\rho_\lambda = C\lambda^{-\alpha} e^{-\frac{c}{\lambda T}}$$

Digitized by Google

rouge. Dans les deux cas ces rapports diminuent avec le pas de l'hélice exprimé en fonction du diamètre du filament. Si l'on porte en abscisses les pas et en ordonnées les rapports mesurés, on trouve des lignes droites dont le prolongement jusqu'à l'axe des ordonnées donne les valeurs des rapports pour le corps noir puisque l'hélice devient un cylindre à spires jointives dont l'intérieur remplit les conditions du corps noir. A 2 300° K, on trouve pour le rapport des brillances 0,445 pour $\lambda = 0{,}656\ \mu$ et 0,465 pour $\lambda = 0{,}493\ \mu$; à 1 900° K, on a respectivement 0,445 et 0,470. Or ces rapports peuvent être considérés comme représentant les rapports du rayonnement du tungstène au rayonnement du corps noir, c'est-à-dire les pouvoirs émissifs du tungstène : les nombres ci-dessus sont très voisins de ceux obtenus par des méthodes très différentes. On peut dire aussi que le tungstène a un rayonnement sélectif dans le bleu par comparaison avec le corps noir.

Les opinions différant sur les raisons de l'éclat plus grand de la surface interne causé soit par des réflexions multiples, soit par une température plus élevée, l'auteur entreprend la discussion de la question et conclut qu'il faudrait une différence de température de 200° pour expliquer l'éclat plus grand de l'intérieur des spires. Ceci déplacerait le maximum d'émission dans la proportion de 60 à 90 m μ vers les longueurs d'onde courtes. Ce déplacement n'a pas été observé

Le pouvoir réflecteur du tungstène étant plus faible dans le bleu que dans le rouge, l'intensité de la radiation émise par une spire d'hélice et réfléchie par une autre est plus faible dans le bleu que dans le rouge. Si donc la plus grande intensité de l'émission intérieure est due aux réflexions multiples, il s'ensuit que la couleur de la lumière doit être plus rouge, c'est-à-dire que l'émission de la surface externe doit être relativement plus intense dans le bleu que celle de la radiation intérieure. Cependant, la différence est si faible qu'elle demande un grand soin pour être observée.

Si le plus grand éclat observé à l'intérieur est dû au noircissement de la radiation (1), causé par les réflexions multiples, la courbe d'énergie devrait être beaucoup plus haute et dyssymétrique du côté des grandes longueurs d'onde de l'émission maximum, comparativement à la courbe du rayonnement externe, car il est établi (expérimentalement et théoriquement) que, pour les métaux, la courbe de l'énergie spectrale descend beaucoup plus bas dans l'infra-rouge que la courbe d'un corps noir à la même température.

Comparaison des émissions relatives des filaments droits et hélicoïdaux. — Les filaments étudiés étaient en atmosphère d'azote sous ampoule de verre de même nature et exactement de la même épaisseur. Le fil de tungstène avait un diamètre de 0,5 mm. Le pas de l'hélice était égal à deux fois le diamètre du fil et le diamètre intérieur de l'hélice égal aussi à deux fois le diamètre du fil. Ce diamètre était très faible et pouvait causer un noircissement de la radiation.

Une série de mesures a été effectuée au moyen d'un spectrobolomètre à vide et d'un prisme en fluorine sur le filament hélicoïdal et sur le filament droit amené au même rayonnement que la surface externe du filament hélicoïdal dans la partie visible du spectre. Pour cela, les lampes furent calibrées en faisant fonctionner le filament droit à sa température normale ($\lambda_m = 1{,}06\ \mu$) et réglant le courant du filament hélicoïdal de façon à obtenir le même pouvoir émissif (la même brillance) pour la surface extérieure.

L'auteur décrit les méthodes et les appareils employés pour le calibrage des lampes. Les essais ont montré que les régions d'éclat maximum ont présenté une certaine polarisation de la radiation émergente tandis que la polarisation des rayons émis par la surface extérieure était faible. Cette polarisation marquée de la lumière prouve que le rayonnement de la partie intérieure de l'hélice est tout à fait différent de celui du corps noir.

En dépit du soin apporté au calibrage des lampes, les résultats obtenus avec les courbes de l'énergie du spectre n'étaient pas satisfaisants. L'aspect de la courbe du filament droit différait peu de la courbe de la radiation composée venant des surfaces interne et externe de l'hélice. Après réduction des courbes d'énergie à une ordonnée commune dans la région visible du spectre, il fut reconnu que la surface de la courbe du filament hélicoïdal était seulement 7 pour 100 plus grande que celle de la courbe du filament droit, par suite du noircissement de la radiation dans la région de $\lambda = 1$ à $\lambda = 3\ \mu$, ainsi qu'il a déjà été expliqué.

Tandis que ce fait montrait la présence d'une légère quantité de radiation réfléchie de l'extérieur de l'hélice, il ne rendait pas compte de l'accroissement constaté de 90 pour 100 dans le spectre visible.

Il devenait évident que, pour obtenir une conclusion définitive à ce sujet, il était nécessaire de déterminer les courbes d'énergie d'une petite surface à l'intérieur et à l'extérieur de l'hélice. Ce travail, très difficile, a pu être mené à bien au cours de l'année écoulée.

L'auteur traduit en courbes les résultats des mesures de l'énergie spectrale qu'il a effectuées successivement dans le spectre visible et dans la région infra-rouge, d'abord pour la surface interne, puis pour la surface externe du filament hélicoïdal.

La conclusion de ces travaux est que l'éclat plus grand constaté à l'intérieur du filament hélicoïdal est bien dû aux réflexions multiples. Un léger noircissement de la radiation peut être obtenu lorsque le diamètre interne de l'hélice est faible, mais rien ne permet de supposer que la température à l'intérieur de l'hélice soit plus élevée qu'à la périphérie. En outre, le pouvoir émissif apparent de l'intérieur de l'hélice dans l'infra-rouge ($\lambda = 2{,}50\ \mu$) est seulement de 60 pour 100 de celui du corps noir. Le rapport des aires des courbes d'énergie spectrale de l'émission de la surface intérieure et de l'émission de la surface extérieure est de 1,36, indiquant que le noircissement de la radiation à l'intérieur de l'hélice a fait baisser le rendement en radiations lumineuses de 36 pour 100 (1). Le filament, dans une ampoule de gaz, est enroulé en hélice pour réduire au minimum les pertes d'énergie par conduction et par convection. De l'avis de l'auteur, l'observation la plus frappante est celle de l'accroissement du rendement lumineux obtenu par suite d'une augmentation effective des conditions du corps noir

(1) Par « noircissement » il faut entendre une modification de la qualité de la radiation émise par un corps incandescent, telle que ses propriétés se rapprochent de celles de la radiation d'une enceinte chauffée uniformément, c'est-à-dire du corps noir.

(1) En effet, le rendement lumineux est défini par le rapport

$$\frac{\int_0^\infty E_\lambda \rho\ K_\lambda d\lambda}{\int_0^\infty E_\lambda \rho_\lambda d\lambda},$$

dont le dénominateur devient d'autant plus grand que le corps considéré se rapproche davantage du corps noir; c'est précisément le cas de la partie intérieure des spires du filament de tungstène. Pour la signification des lettres, voir *La Revue électrique*, 7 juillet et 1er septembre 1916, t. XXVI, p. 24 et 156.

Digitized by Google

quand, au contraire, c'est par une diminution du rayonnement infra-rouge qu'il faudrait chercher à réaliser cette augmentation du rendement. En fait, dans le cas actuel, le filament hélicoïdal se comporte comme un filament court et très épais relativement à l'élimination des pertes par convection et, par conséquent, bien que le rendement lumineux soit, d'une part, abaissé par le noircissement de la radiation émise par la surface interne de l'hélice, il y a néanmoins, d'autre part, un avantage net dans le rendement lumineux dû à la réduction des pertes d'énergie par convection et par conduction.

Sur l'emploi du tikker de réception utilisé en télégraphie sans fil comme appareil pratique susceptible de remplacer un galvanomètre pour les mesures industrielles.

La figure représente le montage du dispositif décrit par M. Gondet à la séance du 15 mars 1918 de la Société française de Physique et que nous avons déjà signalé dans le compte rendu sommaire de cette séance (1).

Rappelons que ce dispositif consiste en une lame vibrante AC dont les oscillations sont entretenues électriquement au moyen d'une source E dont la force électro-

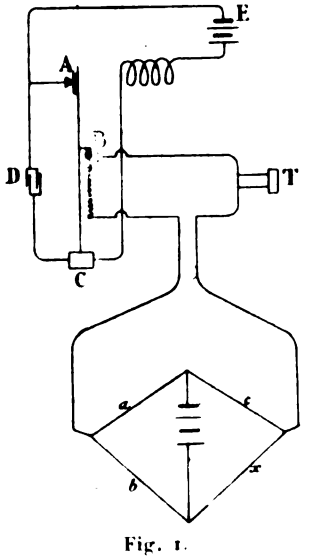


Fig. 1.

motrice est de 4 v, d'un condensateur D étouffant les étincelles du contact A, d'un tikker B porté par la lame vibrante et isolé de celle-ci, enfin d'un téléphone T.

D'après les applications déjà faites par M. Gondet, l'emploi de ce dispositif pourrait être généralisé dans beaucoup d'ateliers et sur les plates-formes pour effectuer diverses mesures telles que les mesures de résistance d'isolement. Son transport et son installation ne demandent en effet aucune précaution spéciale et sa précision, qui donne facilement le demi-millième dans un atelier, atteint celle du galvanomètre à pivot.

Ajoutons qu'à la suite de la communication faite à la Société de Physique, M de la Touanne a présenté les remarques suivantes :

« M. de la Touanne estime que le procédé en question peut rendre de réels services en atelier ; la précision peut vraisemblablement être poussée très loin, et même, pour des résistances dépourvues de self-induction, il considère comme probable que, malgré les bruits extérieurs, on doit arriver à apprécier des fractions d'ohms assez faibles, pourvu qu'on emploie, complétées par un fil divisé, des bobines de résistance à enroulement Chaperon ou Chaperon-Vaschy : en tout cas ce serait un essai intéressant à tenter. Il se rappelle les expériences que M. Chaperon conduisait sur ce point au laboratoire de M. Cornu à l'École polytechnique ; sans avoir à sa disposition de bruit rythmé ni de son quasi musical comme avec le tikker, notre regretté collègue obtenait au téléphone, mis comme récepteur sur la diagonale du pont de Wheatstone, le silence absolu sur une longueur de fil divisé limitée, sauf erreur, à 4 mm ou 5 mm au plus ; le fil divisé sur lequel on prenait contact était du fil de maillechort de 100 ohms au mètre.

» M. de la Touanne croit en outre qu'on doit pouvoir arriver à supprimer presque complètement en service le réglage des organes trembleurs. »

Recherches expérimentales sur l'émission totale de rayons X à partir de quelques métaux (1).

Introduction. — Les expériences de M. S. Brainin ont été entreprises en vue d'étudier l'intensité totale d'émission des rayons X à partir de quelques métaux aux deux points de vue suivants : 1° variation de l'intensité du rayonnement avec la tension ; 2° variation de l'intensité en fonction du poids atomique ou du nombre atomique du métal utilisé pour l'émission, sous diverses tensions.

Il a paru à l'auteur que l'emploi d'une cathode de Coolidge et d'un tube à rayons X à vide extrêmement poussé permettait d'assurer la constance des conditions expérimentales beaucoup mieux que les tubes autrefois utilisés. Les expériences faites antérieurement sur le même sujet méritaient d'être complétées ou confirmées.

Jusqu'ici la relation admise entre l'intensité totale du rayonnement d'une ampoule et la tension aux bornes reposait principalement sur les expériences de Whiddington et Beatty. Leurs résultats sont d'accord avec l'étude théorique de J.-J. Thomson d'après laquelle l'intensité des rayons X produits par le choc d'électrons et d'atomes doit être proportionnelle à la quatrième puissance de la vitesse des électrons ; elle doit donc être proportionnelle au carré de la tension aux bornes. En outre, les résultats des recherches précédentes joints à ceux obtenus antérieurement par Kaye semblent indiquer que, sous des conditions identiques du courant et de la tension, l'émission de deux métaux varie très sensiblement comme les poids atomiques.

Désignant par A le poids atomique du métal qui constitue l'anticathode, par V la tension aux bornes de l'ampoule et par k une constante, on a donc, pour l'intensité du rayonnement émis,

$$E = kAV^2. \qquad (1)$$

Bergen et Davis (2) ont récemment déduit cette formule de la théorie des quanta en supposant que les rayons X émanent de l'atome lui-même et non de l'électron qui produit l'impact. La relation (1) doit être considérée comme s'appliquant uniquement au rayonnement X général et non au rayonnement caractéristique.

Dispositif expérimental et méthode de mesure. — Une première difficulté est relative au choix des substances sus-

(1) *R. G. E.*, 23 mars 1913, t. III, p. 417.

(1) C.-S. Brainin. *Physical Review*, novembre 1917, 2e série, t. X, p. 461-472, 4 500 mots, 5 fig., 1 tab.

(2) *Physical Review*, janvier 1917.

Digitized by Google

ceptibles d'être utilisées. Il faut, en effet, que la température de fusion soit assez élevée pour que le métal puisse supporter le grand échauffement auquel il est soumis. Les recherches ont finalement porté sur les six métaux suivants qui fournissent une échelle assez étendue de poids atomiques : le platine, le tungstène, l'argent, le molybdène, le cuivre et le cobalt.

L'ampoule utilisée (fig. 1) contient une cathode de Coolidge C disposée horizontalement et une anticathode A verticale. Cette anticathode est constituée par un bloc de

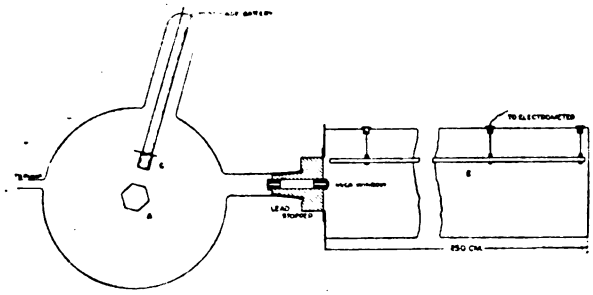


Fig. 1. — Ampoule Coolidge utilisée par C.-S. Brainin pour ses recherches sur l'émission totale des rayons X. — To storage battery, à la batterie ; To pump, à la pompe ; Lead stopped, garniture de plomb ; Mica window, fenêtre en mica ; To electrometer, à l'électromètre.

cuivre de 2,5 cm de hauteur, à section hexagonale, sur chacune des faces duquel est fixé un métal différent au moyen de petites vis disposées à la partie supérieure et à la partie inférieure. Cette anticathode, grâce à un support en fer doux, peut tourner sous l'influence d'un aimant de manière que chacune des faces vienne successivement en regard de la cathode.

L'ampoule agit sur la chambre d'ionisation au moyen d'une ouverture fermée par une lamelle de mica. Cette chambre est constituée par un mince tuyau d'acier de 250 cm de long et de 10 cm de diamètre extérieur. Ce tuyau constitue l'électrode mise au sol. L'autre électrode E est un tuyau de plomb soutenu par une tige d'acier maintenue par des baguettes d'ambre et mise en communication avec un électromètre Braun. L'aiguille de l'électromètre est portée au potentiel de 1 500 v et on mesure la vitesse de déperdition entre 1 500 et 1 000 v.

L'épuisement de l'ampoule est réalisé au moyen d'une pompe à condensation de mercure du type Langmuir. Le courant électronique est mesuré par un milliampère-mètre Weston permettant de lire directement le $\frac{1}{10}$ de milliampère.

Les expériences ont été conduites de la manière suivante :

1° Avec un métal donné comme anticathode on fait varier progressivement la tension et on mesure la vitesse de déperdition de l'électromètre. On peut ainsi étudier comment varie, pour un métal déterminé, l'ionisation produite par l'énergie des rayons X en fonction de la tension.

2° Maintenant constantes les conditions d'intensité et de tension, on utilise successivement les différents métaux comme anticathode, ce qui permet d'obtenir les intensités relatives de l'émission des rayons X pour une tension quelconque. On répète la même mesure pour un grand nombre de tensions différentes.

Les tensions utilisées ont varié de 5 000 à 33 000 v.

Résultats. — Les résultats obtenus ont été représentés par des courbes tracées en prenant comme ordonnées l'énergie fournie par la vitesse de déperdition de l'électromètre, mais ramenée à l'unité de courant électronique et comme abscisses le carré de la tension. Si la courbe est une ligne droite dont le prolongement va passer par l'origine, l'énergie de l'émission est réellement proportionnelle au carré de la tension, comme l'indique l'équation (1). Tout écart à partir d'une ligne droite passant par l'origine, avant que soit atteinte la tension critique relative à la radiation caractéristique, indique que l'équation (1) ne représente pas le phénomène.

Pour le platine et le tungstène, l'équation (1) n'est vérifiée qu'au-dessus de 20000 v. Le molybdène obéit à l'équation (1) dans tout l'intervalle des tensions utilisées ; aucun écart n'est constaté quand la tension croît au delà de la tension critique relative au rayonnement K. Le cuivre et le cobalt semblent obéir à la relation (1) au-dessous des tensions critiques relatives à la radiation K, mais au-dessus de ces tensions leur émission croît plus rapidement que ne le voudrait la loi du carré de la tension. L'argent suit également l'équation (1) au-dessous de la tension critique relative au rayonnement caractéristique K, mais au-dessus de cette tension l'émission croît moins rapidement que ne l'indiquerait la loi du carré de la tension

Pour étudier l'influence du poids atomique, l'auteur a également tracé une série de courbes en portant en abscisses les tensions et en ordonnées, le rapport entre l'émission d'énergie relative au métal et celle relative au molybdène pour la tension considérée. Si l'équation (1) était vérifiée, les courbes devraient toutes être des droites parallèles à l'axe des abscisses (celle relative au molybdène ayant une ordonnée égale à l'unité) dont les ordonnées seraient égales au quotient du poids atomique du métal par celui du molybdène. En réalité, on n'obtient de telles droites que dans des limites restreintes de tension ; et, d'une façon générale, il est difficile de formuler une conclusion bien nette sur l'influence du poids atomique. — A. B.

La résistivité et le pouvoir thermo-électrique du calcium métallique (1).

Les résultats de Matthiessen donnent une résistivité moyenne de $7{,}7 \cdot 10^{-6}$ ohms par $\frac{cm}{cm^2}$ à la température de 16°8 C. Moissan et Chavanne indiquent de même une valeur moyenne de $10{,}5 \cdot 10^{-6}$ ohms à 20° C. Ces déterminations avaient été faites par la méthode du pont double de Kelvin que l'auteur trouve être inapplicable, dans des expériences prolongées sur le calcium, à cause de la difficulté d'assurer de bons contacts. L'auteur a utilisé la méthode du potentiomètre pour laquelle il n'est pas nécessaire que la résistance des conducteurs et des contacts soit négligeable. Il obtient une résistivité de $4{,}6 \cdot 10^{-6}$ ohms à 20° C, la résistivité croissant linéairement en fonction de la température et atteignant une valeur de $13{,}6 \cdot 10^{-6}$ ohms à 600° C. Le coefficient de température est constant dans cet intervalle et a une valeur moyenne égale à 0,00364. Au point de vue de la résistivité, le calcium ne s'écarte pas des autres métaux purs. — Le pouvoir thermo-électrique du calcium est positif par rapport à celui du plomb dans l'intervalle de températures envisagé ; les valeurs obtenues vont de 8,9 μ v par degré (50° C) à 14,0 μ v par degré (400° C). — Le coefficient de Thomson est positif. — A. B.

(1) C.-L. Swischer. *Physical Review*, décembre 1917, 2e série, t. X, p. 601-608, 2 400 mots, 6 fig., et 12 tab.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Émission de signaux par les centrales électriques, leur réception chez l'abonné

Application à la transmission de l'heure et à la tarification multiple de l'énergie.

Dans un aperçu historique, l'auteur signale les différents systèmes qui ont été essayés pour l'envoi de signaux par les stations centrales électriques, puis il passe à l'exposé du système qu'il propose. Dans ce système, le signal est constitué par une série de très faibles variations périodiques de tension de part et d'autre de la tension normale. On utilise un phénomène de résonance pour recevoir ce signal sur un voltmètre ou sur une combinaison très caractérisée de deux voltmètres que l'auteur appelle « différentiel voltmétrique à résonance ». Ce système de signaux est d'abord appliqué à la transmission de l'heure aux abonnés d'un réseau, puis à la tarification multiple de l'énergie; signalons aussi l'application, toute d'actualité, qui pourrait en être faite pour donner immédiatement l'alerte dans Paris lors d'un bombardement.

Aperçu historique. — Différents systèmes ont déjà été proposés ou essayés pour l'émission de signaux par les stations centrales.

Le 15 octobre 1897, MM. Brown et Routin ont déposé un brevet français pour le système suivant :

Sur une ligne à courant continu on se sert, à la station centrale, d'un petit alternateur dont l'un des pôles est relié à la ligne et l'autre à la terre; chez l'abonné, on se sert d'un condensateur en série avec un électro-aimant, l'un des pôles de l'ensemble étant relié à la ligne et l'autre à la terre.

Au moment du signal, l'alternateur, qui est commandé par une horloge mère, envoie un courant alternatif bref sur le circuit : alternateur, ligne, condensateur, électro-aimant, terre; l'électro-aimant entre alors en action pour telle commande à distance que l'on aura choisie. Le courant continu de ligne ne peut évidemment pas actionner l'électro de signal.

Sur une ligne à courant alternatif on a une disposition et un fonctionnement analogues, mais l'alternateur est remplacé par une dynamo et le condensateur par une self-induction.

Les inventeurs ont appliqué ces signaux à la construction de compteurs à tarification mobile.

Ce système a été perfectionné par MM. C.-F. Baudry et Fonvillé qui l'ont aussi étendu à la télégraphie, à la distribution d'heures, à la commande à distance en général.

Nous devons à l'obligeance de M. Baudry les renseignements suivants.

Des essais exécutés en 1901-1902 et 1904 à Bordeaux sur un réseau à courant continu, 110 v, 3 fils, ont donné toute satisfaction, mais ils furent interrompus par ordre de l'administration des Postes, Télégraphes et Téléphones, l'émission de signaux provoquant des sons parasites dans la partie du réseau téléphonique qui avait son retour par la terre. Ces sons ont été constatés à une distance de 8 km de la station centrale.

Des essais furent également exécutés à Troyes, en 1902, sur un secteur à courant alternatif monophasé. Le réseau téléphonique de la ville avait un fil à la terre. Ces essais ont montré qu'un signal de courant continu influençait aussi les récepteurs téléphoniques.

Les essais ne furent pas poursuivis.

En 1902 M. B. Bronislawski a appliqué les signaux de ce système à la commande indépendante de circuits distincts.

Sur un tout autre principe, MM. Jean Renous et Albert Turpain ont proposé, en 1901, l'envoi de courants électriques de haute fréquence sur le réseau. Des essais effectués en 1901 à Bordeaux furent, paraît-il, peu concluants. Il ne nous a pas été possible d'obtenir des précisions sur ces essais.

Enfin, en 1902, M. Jean Renous a proposé l'émission de signaux par interruption ou interversion du courant. Nous ne croyons pas qu'une centrale ait jamais accepté des essais sur un tel principe.

Notre exposé n'est peut-être pas complet. Nous souhaitons qu'il puisse susciter une documentation définitive sur la question.

Nous constaterons que les systèmes précédemment décrits ne sont pas employés pour des raisons très diverses. Peut-être n'en sera-t-il pas de même du système que nous proposons, qui a fait l'objet de plusieurs brevets, et dont la description suit.

I. — **Nature et émission des signaux**. — Le signal consiste en une série de variations périodiques et peu élevées de tension de part et d'autre de la tension actuelle du réseau. Il est émis au départ de chaque

Digitized by Google

feeder après tous les appareils de la centrale. Quelle que soit la nature du courant du réseau, on peut employer un survolteur-dévolteur à rhéostat régleur de champ inducteur (transformateur, dynamo ou disque de Faraday), les contacts fixes du rhéostat étant convenablement disposés.

L'ensemble des plots mobiles réglants peut prendre un mouvement alternatif sous l'action de deux relais mis successivement en circuit sur une source auxiliaire de courant par les aiguilles d'une horloge mère et des contacts périphériques disposés sur le cadran.

Nous étudierons par la suite les effets de deux formes de variations : 1° des variations sinusoïdales; 2° des variations brusques suivant les graphiques des figures 1 et 2.

Analysons l'influence du signal sur les moteurs de la centrale et sur la distribution d'énergie. Dans ce qui

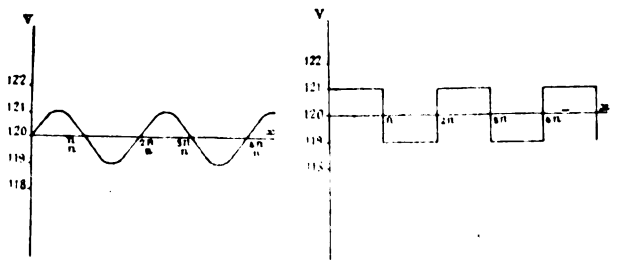


Fig. 1. — Signal par variations sinusoïdales de tension.
Fig. 2. — Signal par variations brusques de tension.

suit, nous appellerons taux théorique de variation le taux de variation calculé en supposant la tension aux barres omnibus rigoureusement constante.

Pour fixer les idées, soit une centrale de 20000 kw avec 20 feeders, la charge moyenne par feeder étant de 1000 kw. On fera en sorte que la variation de part et d'autre de la tension existant au début du signal sur un réseau à 120 v, soit de 1 v ou 0,83 v pour 100 v; la variation de puissance atteint ± 1,66 pour 100.

On peut opérer de plusieurs manières.

1° On peut signaler en synchronisme sur tous les feeders. La perturbation est de $\frac{1}{60}$, soit 340 kw environ, elle agira sur les régulateurs des turbines.

Remarquons que, en choisissant un taux théorique primitif trop faible et en construisant un émetteur d'après ce taux, on ne pourrait constituer un signal par suite de l'insensibilité des régulateurs.

Il faudra choisir pour le signal une fréquence telle qu'elle ne puisse troubler le système de régulation et les masses tournantes de la centrale par un effet de résonance. Cette fréquence devra être suffisamment basse pour laisser le temps d'agir aux régulateurs. Ces conditions étant réalisées, le signal ne présente aucun inconvénient.

2° On peut signaler successivement sur chaque feeder à une minute d'intervalle par exemple. La variation n'est plus que de 17 kw sur 20000. Les régulateurs ne bougeront pas. Mais la tension baissera ou montera infiniment peu aux barres omnibus, les 17 kw demandés par le feeder sur lequel on signale seront pris sur les 19 autres ou inversement. Il y a échange d'énergie entre feeders sans aucune action sur la centrale.

3° Répartissons les 20 feeders en deux groupes de 10000 kw chacun. On peut signaler successivement sur chaque groupe à une minute d'intervalle, en synchronisme sur les 10 feeders de chaque groupe. La variation étant de 170 kw on est encore dans le premier cas avec des régulateurs très sensibles. Mais on peut aussi survolter un groupe et dévolter l'autre, simultanément; il y a échange d'énergie entre groupes, les variations de puissance réclamées à la centrale se retranchent, cette différence peut être assez faible pour n'avoir aucune action sur les régulateurs; seule la tension aux barres omnibus baissera ou montera un peu; cette variation est une fraction du taux théorique de variation.

Nous avons choisi des cas extrêmes et nous nous sommes servis soit d'un signal unique commun à tous les feeders, soit de signaux successifs sur chaque feeder, soit de signaux en opposition de phase sur deux groupes de feeders. Suivant les cas particuliers on combinera ces deux derniers moyens de façon à éliminer rigoureusement toute action sur la centrale. Pratiquement, le taux théorique de variation servira sans correction à la construction de l'émetteur.

On n'aura pas à se préoccuper des effets de résonance sur la centrale.

A part les pertes intérieures des émetteurs qui sont de faibles dimensions, la puissance moyenne transmise n'est pas modifiée par le signal.

L'action du signal sur les moteurs du réseau est négligeable. Elle sera peu sensible sur des lampes à filament de carbone en employant des variations brusques.

Elle ne sera pas ressentie sur des lampes à filament de tungstène universellement employées, si on utilise des variations sinusoïdales de fréquence 0,5 et moins.

Enfin nous ferons remarquer que sur les réseaux à 120 v la tension varie normalement de 115 à 125 v.

II. — **Réception des signaux.** — A. Moyens de réalisation. — La réception peut s'effectuer à l'aide de quatre types de récepteurs a, b, c et d.

a) Le récepteur se compose de deux voltmètres électromagnétiques branchés sur le réseau (fig. 3).

Le premier a un index L peu amorti, le second un index L' très amorti. Cet index L' supporte un contact X placé à une distance déterminée par la condition suivante : sous l'action de la plus forte variation brusque de tension admise sur le réseau, l'index L atteindra une amplitude limite de déplacement relatif par rapport à l'index L'; le contact X est alors disposé à une distance de l'index L' un peu supérieure à cette amplitude limite.

La période d'oscillation de l'index L est celle du signal émis par la centrale. Si la tension varie lentement, les deux voltmètres indiquent la même tension et con-

Digitized by Google

servent leurs index en regard, mais si on envoie un signal, l'index L entrera en résonance et atteindra de fortes amplitudes par rapport à l'index L' qui restera sensiblement à la position de tension moyenne.

L'index L finira alors par atteindre le contact X, fermant ainsi un circuit pris sur le réseau en 1 et 2 et passant par un électro de signal E.

b) La disposition générale reste celle du type a. Mais l'index L' n'est pas amorti et possède une période propre d'oscillation assez différente de celle de l'index L.

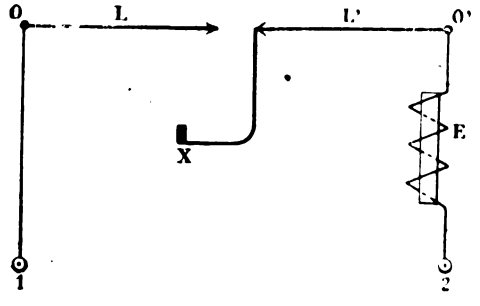


Fig. 3. — Récepteur de signaux, types a, b, c.

La condition de position du plot X restant la même, on voit facilement que la distance du plot X à l'index L' sera doublée ; le récepteur fonctionne comme précédemment.

c) La disposition générale reste celle du type a, mais les index L et L' possèdent des périodes propres assez voisines et un amortissement faible, mais suffisant. La période du signal est la moyenne des périodes des index ; le récepteur fonctionne également par atteinte du contact X par l'index L.

Nous appellerons les dispositifs a, b, c, « différentiels voltmétriques à résonance ».

d) Le voltmètre à index L' est supprimé, mais il existe deux contacts fixes XX (fig. 4). Les contacts XX délimitent un intervalle légèrement supérieur à celui comprenant toutes les positions de l'index L sous l'action des variations lentes ou brusques dues au réseau. Sous l'effet du signal l'index L fonctionnera comme précédemment.

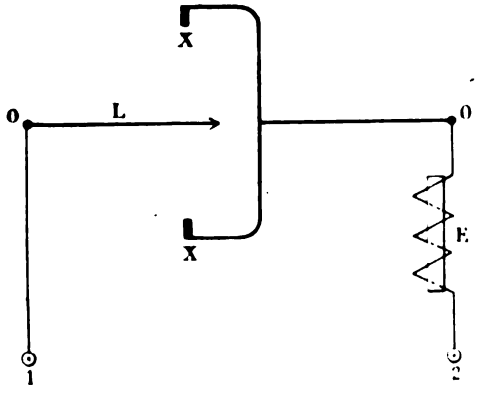


Fig. 4. — Récepteur de signaux, type d.

La meilleure réception est obtenue avec les types a, b, c. Ils sont insensibles non seulement à la forte variation brusque prévue, mais aussi aux variations lentes de tension quelle que soit leur amplitude.

Comme il peut y avoir des sauts rapides de tension pendant la durée de signalisation, on peut prévoir un certain nombre de périodes suppémentaires destinées à neutraliser l'agitation de l'index L due au réseau. Théoriquement, on pourra toujours en envoyer un nombre tel qu'il neutralise n'importe quelle agitation, il suffit d'être en résonance avec un amortissement nul. Pratiquement, le déplacement de l'index L sera limité, mais néanmoins très élevé.

Un faux signal ne peut être obtenu que si les impulsions dues au réseau réunissent les trois conditions suivantes :

1° Être importantes et peu nombreuses, ou faibles mais nombreuses ;

2° Être synchrones ;

3° Posséder le synchronisme du voltmètre.

La probabilité de production est donc éminemment négligeable.

Nous verrons d'ailleurs, dans l'application à l'horlogerie, qu'un faux signal ne peut agir pendant les 5/6 du temps.

B. Étude mathématique. — Pour servir à l'établissement des index, nous partirons de l'équation différentielle des voltmètres

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + 2b\frac{d\alpha}{dt} + a^2\alpha = mV,$$

avec $2b = \frac{f}{I}$, $a^2 = \frac{c}{I}$, m désignant une constante, f le coefficient d'amortissement, c le coefficient de torsion, I le moment d'inertie du système oscillant, V la tension aux bornes du voltmètre.

Si l'amortissement est égal ou supérieur à l'amortissement critique, on sait que l'index ne pourra jamais sortir de l'intervalle de variation 119-121 v, dans notre exemple ; c'est ce que nous demanderons à l'index L' si nous le choisissons très amorti.

Nous étudierons alors seulement le cas limite de l'index à amortissement nul.

L'équation différentielle devient

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + a^2\alpha = mV \quad \text{avec} \quad a = \sqrt{\frac{c}{I}}.$$

Prenons pour unité de temps $\frac{1}{a}$, soit x la nouvelle mesure ; on a

$$\frac{d^2\alpha}{dx^2} + \alpha = \frac{m}{a^2}V.$$

Digitized by Google

Le voltmètre servant à identifier (au moins à certains instants) la tension lue sur la graduation avec la tension vraie aux bornes, graduons en volts de façon que la variation v de l'index exprimée en volts soit régie par

$$\frac{d^2v}{dx^2} + v = V. \qquad (1)$$

Si la dérivée seconde est nulle, la tension lue sera précisément la tension vraie.

1° *Les variations sont sinusoïdales*, suivant le graphique (fig. 1) et la loi $V = 120 + \sin nx$, n désignant la pulsation du signal, celle de l'index étant prise pour unité, l'équation (1) devient

$$\frac{d^2v}{dx^2} + v = 120 + \sin nx$$

Intégrée par les méthodes classiques et en tenant compte des conditions initiales, $x = 0, v = 120, \frac{dv}{dx} = 0$, on obtient

pour $n = 1$, $\quad v = 120 - 0{,}5\,(x\cos x - \sin x), \qquad (2)$

pour $n \neq 1$, $\quad v = 120 - \frac{1}{n^2 - 1}[\sin nx - n \sin x]. \qquad (3)$

La première fonction est représentée par la courbe figure 5, elle admet pour v des amplitudes croissant

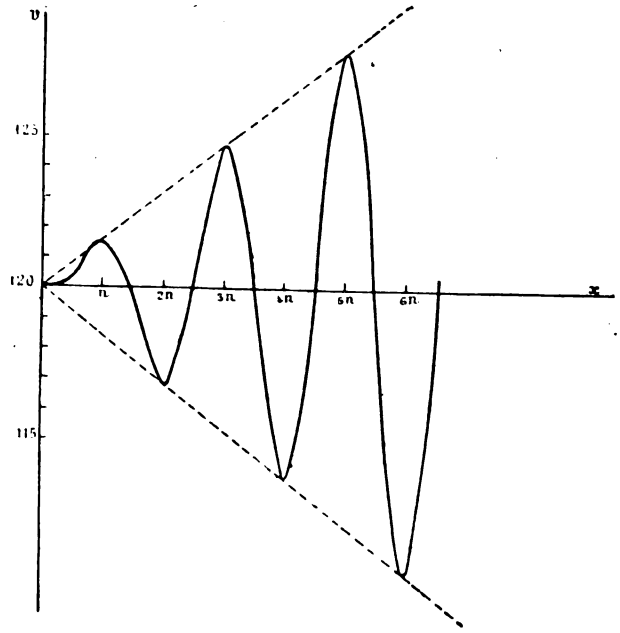


Fig. 5. — Mouvement, en résonance parfaite, de l'index voltmétrique.

indéfiniment : les maxima et minima se trouvent sensiblement sur les droites $v = 120 \pm 0{,}5\,x$: l'expression $\lambda = 0{,}5\,x$ peut servir à exprimer l'amplitude.

Pour la seconde fonction nous distinguerons deux cas :

a) On suppose la résonance très approchée, n variant de 0,95 à 1,05.

Posons $n = 1 + \varepsilon$, on a

$$v = 120 - \frac{1}{2\varepsilon}[\sin(1+\varepsilon)x - \sin x].$$

La parenthèse atteindra son maximum en valeur absolue lorsque les angles différeront de π, ce maximum est 2 ; on a, au bout d'un certain temps x défini par $\varepsilon x = \pi$,

$$v = 120 \pm \frac{1}{\varepsilon} \quad \text{avec } x = \frac{\pi}{\varepsilon}.$$

L'amplitude maximum est alors $\frac{1}{\varepsilon}$ au bout de $\frac{1}{2\varepsilon}$ périodes.

L'augmentation est de 2 v par période, en résonance on avait 3,14 v. Tous les maxima et minima sont sensiblement sur deux sinusoïdes symétriques par rapport à ox (fig. 6). Tant qu'on ne dépasse pas $\frac{1}{4\varepsilon}$ périodes,

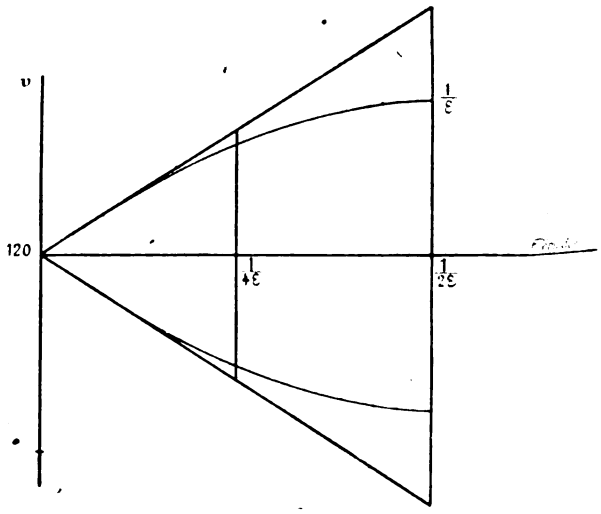


Fig. 6. — Mouvement en résonance approchée de l'index voltmétrique.

l'effet utile est sensiblement le même que si on était en résonance.

b) Étudions loin de la résonance la fonction (3)

$$v = 120 - \frac{1}{n^2 - 1}[\sin nx - n \sin x].$$

Au bout d'un certain temps, on a $\sin nx = 1$, $\sin x = -1$ ou inversement, v prend alors les valeurs extrêmes

$$v = 120 \pm \frac{n+1}{n^2 - 1},$$

$$v = 120 \pm \frac{1}{n - 1}.$$

Digitized by Google

Cherchons les valeurs de n qui font rester l'index dans un intervalle de $\pm A$ volts à partir de la tension moyenne 120 v, il faut que

$$\left|\frac{1}{n-1}\right| < A \quad \text{ou} \quad |n-1| > \frac{1}{A}.$$

Cette inégalité résolue donne pour

$$n > 1 \quad \text{la condition } n > 1 + \frac{1}{A},$$

$$n < 1 \quad \text{la condition } n < 1 - \frac{1}{A}.$$

Par exemple, si l'on veut être sûr de rester entre 119 et 121 on prendrait $A = 1$ v, ce qui donne $n > 2$. Ainsi en choisissant pour le signal et l'index L une pulsation a, on prendra pour L', dans le type de récepteur b, une pulsation égale ou inférieure à $\frac{a}{2}$.

2° *Les variations sont brusques* suivant le graphique figure 2. C'est un cas limite théorique. Nous n'étudierons que le cas d'un index non amorti et en résonance afin de trouver un coefficient d'efficacité par rapport aux variations sinusoïdales.

La courbe est déterminée à l'aide de l'équation différentielle

$$\frac{d^2v}{dx^2} + v = V_1,$$

où V_1 est une constante, égale tantôt à 121, tantôt à 119. Les conditions initiales sont $x = 0$, $v = v_0$, $\frac{dv}{dx} = 0$, on trouve la fonction

$$v = V_1 + (v_0 - V_1)\cos x. \qquad (4)$$

Pour la première demi-période, on a $v_0 = 120$, $V_1 = 121$, donc

$$v = 121 - \cos x,$$

pour $x = \pi$, on a $v = 122$.

Pour la seconde demi-période, on a $v_0 = 122$, $V_1 = 119$, d'où

$$v = 119 + (122 - 119)\cos x,$$

pour $x = \pi$, on a $v = 116$, etc. On obtient la variation de l'index représentée par la figure 7.

D'une façon générale au bout de $2\pi K$, l'amplitude est $4K$ volts; avec des variations sinusoïdales, en résonance on avait $\lambda = 0{,}5\,x$, d'où pour $x = 2\pi K$, $\lambda = \pi K$.

Les variations sinusoïdales sont donc moins efficaces que les variations brusques dans le rapport de 3,14 à 4.

Nous allons maintenant étudier en courant alternatif le mouvement de l'index d'un voltmètre à noyau de fer doux, sous l'influence de fréquences élevées de signal.

Soit un réseau de fréquence 50. Le fer doux est soumis aux variations de la valeur absolue du flux. On a pour le couple dû à la tension aux bornes une sinusoïde redressée dont la fréquence est 100.

Comme on ne peut pas introduire de sinusoïdes redressées dans le calcul pratique d'une équation différentielle, nous remplacerons la sinusoïde redressée par la fonction $V = 120\,(1 + \sin nx)$, n désignant la pulsation correspondant à la fréquence

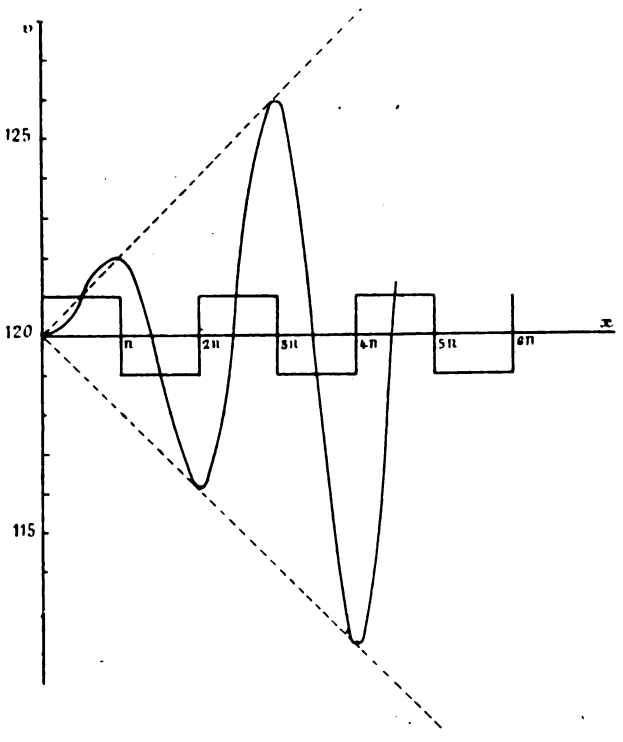


Fig. 7. — Mouvement de l'index voltmétrique sous l'influence de variations brusques de tension.

100, celle de l'index voltmétrique étant prise pour unité.

Si l'index part de 120 avec une vitesse nulle, il oscillera de part et d'autre de cette position.

L'équation différentielle du mouvement est

$$\frac{d^2v}{dx^2} + v = 120\,(1 + \sin nx). \qquad (5)$$

Si maintenant on fait varier la tension moyenne périodiquement suivant la période propre de l'index, l'équation devient

$$\frac{d^2v}{dx^2} + v = (120 + \sin x)\,(1 + \sin nx). \qquad (6)$$

En intégrant ces équations et en tenant compte des conditions initiales $x_0 = 0$, $v_0 = 120$, $\left(\frac{dv}{dx}\right)_0 = 0$,

Digitized by Google

on obtient les fonctions

$$v = 120 - \frac{120}{n^2 - 1} (\sin nx - n \sin x).$$

$$v = 120 - \frac{120}{n^2 - 1} (\sin nx - n \sin x) - 0{,}5\, x \cos x$$

$$+ \frac{2}{(n^2 - 4)\, n} \cos x + 0{,}5 \sin x$$

$$+ \frac{0{,}5}{n\,(n+2)} \cos (n+1)\, x - \frac{0{,}5}{n\,(n-2)} \cos (n-1)\, x.$$

Nous prendrons n au moins égal à 5 de façon à obtenir des variations de l'amplitude du flux sur 5 ondes au moins. Cela correspond pour la fréquence 50 du réseau à une fréquence de 20 pour le signal.

Dans ces conditions, les fonctions obtenues peuvent prendre des formes simplifiées, en négligeant certains termes et en réunissant des termes dont les effets s'ajoutent au point de vue qui nous intéresse, savoir la position des maxima et minima successifs d'oscillation.

La première devient

$$v = 120 + \frac{120}{n - 1} \sin x, \qquad (7)$$

la seconde,

$$v = 120 + \frac{120}{n - 1} \sin x - 0{,}5\, x \cos x. \qquad (8)$$

Prenons successivement $n = 5$, 10, 20 correspondant à des fréquences de signal égales à 20, 10, 5 la fonction 7 prend les formes.

$$V = 120 + 30 \sin x;$$
$$V = 120 + 13{,}2 \sin x,$$
$$V = 120 + 6{,}3 \sin x.$$

L'index oscille autour de 120 v dans une certaine zone. Soit ω l'amplitude. Le signal a pour effet de superposer à cette oscillation $- 0{,}5\, x \cos x$.

Les maxima et minima se trouvent donc au début du signal sur les limites d'oscillation normale, puis ils croissent. Au bout de $\frac{\omega}{3{,}14}$ périodes, ils atteignent 1,41 ω puis ils sont exprimés par $\lambda = 0{,}5\, x$.

Par exemple, prenons $n = 10$; on a $\omega = 13.2$; au bout de 4 périodes, on a $\lambda = 18{,}5$ v, au bout de 10 périodes $\lambda = 30$ v, on a alors un signal suffisant.

On disposera les plots X en tenant compte de la zone normale d'oscillation qui était nulle dans les calculs précédents.

Les phénomènes réels sont évidemment différents de ceux obtenus par le calcul, mais les résultats sont néanmoins suffisamment approchés. Ils nous montrent qu'il est possible d'utiliser des fréquences de signal relativement élevées. On n'aura pas d'action sensible sur les lampes. Enfin et surtout on ne risquera pas d'être troublé par la résonance avec les pulsations beaucoup plus lentes de tension produites par exemple par le fonctionnement d'une pompe à simple effet, la puissance de son moteur étant une fraction importante de la puissance dont est capable le secteur de basse tension.

Ce cas se présentera d'ailleurs très rarement surtout en courant continu. De plus, une bonne installation (qui peut être exigée par l'entreprise de distribution) nécessite l'emploi d'un volant, ou d'une pompe à double ou multiple effet, ou d'une pompe rotative, on supprimerait ou on atténuerait ainsi les pulsations. Un simple changement de rythme suffirait aussi à éliminer la résonance.

On pourrait également constituer le signal par deux séries successives de variations à fréquences très différentes reçues sur une combinaison convenable de deux récepteurs.

L'emploi de fréquences élevées résoudra donc simplement la question, mais la construction des voltmètres récepteurs sera plus délicate. Cet emploi pourrait aussi nécessiter pour l'emetteur, non pas une commande à l'aide de l'aiguille des secondes dont le mouvement est saccadé, mais une commande directe des rhéostats régleurs de tension par un moteur à vitesse très constante, à des époques données par l'horloge.

III. — **Application à la transmission de l'heure.** — Les signaux peuvent être appliqués à la transmission de l'heure aux abonnés du réseau, de différentes manières. Nous citerons les deux suivantes :

1° Ils peuvent remettre à l'heure les horloges ordinaires ; toutes les heures par exemple, un signal actionne l'électro E ; celui-ci est placé derrière le cadran à la position de midi, l'aiguille des minutes porte une petite masse de fer doux ; si alors l'aiguille a varié quelque peu, le signal la remettra à l'heure vraie par attraction de la masse de fer doux. L'accouplement à frottement de l'aiguille des minutes sera plus doux que d'habitude.

2° Notre préférence va au système suivant :

Un petit moteur électrique à disque, à vitesse sensiblement constante, est branché sur le réseau. Il actionne directement, par une réduction de vitesse, le rouage et les aiguilles d'un cadran horaire habituel. Il n'y a pas de régulateur à balancier ou à spirale. La vitesse du moteur est telle que les aiguilles marquent sensiblement l'heure vraie. Au bout d'un certain temps il y aura une variation inévitable. La différence de marche est alors périodiquement annulée à l'aide du précédent système de remise à l'heure.

Quant au moteur à vitesse sensiblement constante : pour le courant continu, on pourrait adopter le disque de Faraday, le courant du disque étant en série avec le courant de l'inducteur et le disque étant freiné à l'aide d'une bobine prise sur le réseau ; pour le courant alternatif on pourrait adopter le système à disque correspondant à l'enregistrement du forfait dans les compteurs à dépassement système Cosinus.

Digitized by Google

Le nombre de signaux régulateurs dépend du degré de constance de la vitesse du moteur.

Ce dernier système forme un ensemble autonome fonctionnant sans remontage ; de plus, il est pratiquement insensible aux faux signaux si l'on admet qu'il puisse s'en produire.

En effet l'électro de réglage n'agit que si l'aiguille des minutes est placée dans la zone d'attraction ± 5 minutes par exemple ; le faux signal ne peut donc agir que pendant 1/5 du temps. Dans l'intervalle de 10 minutes restant, le faux signal peut se produire avant, pendant ou après le signal de remise à l'heure. Avant : le réglage sera quelque peu avancé, puis le bon signal réglera exactement l'horloge. Pendant : ce signal est renforcé ou détruit, dans ce dernier cas seulement l'horloge ne serait pas réglée. Après : l'horloge retardera quelque peu. Dans tous les cas, au réglage suivant, la légère variation de l'horloge disparaîtra à moins d'une coïncidence continuelle ou d'un état d'agitation extrême permanent qui maintiendrait constamment l'aiguille des minutes à sa position de réglage. La probabilité de production de tels phénomènes est nulle.

Examinons l'éventualité des arrêts de courant : l'horloge, à la remise en marche, retarderait d'une durée égale à l'arrêt. On peut éviter le réglage approximatif à la main (d'après une montre ou des signaux sonores caractéristiques du moment de la journée) en employant un récepteur de signaux supplémentaire et de période propre différente de celle du premier récepteur. On enverrait sur ce récepteur à midi et à minuit un signal spécial actionnant une remise à zéro des aiguilles, analogue à celle existant dans les compte secondes habituels.

Les arrêts de courant sont d'ailleurs rares et localisés.

IV. — **Application à la tarification multiple de l'énergie**. — On connaît les raisons qui ont conduit à la construction de compteurs à tarif multiple; rappelons seulement qu'ils sont surtout avantageux pour les usines hydrauliques afin d'accroître la consommation aux heures de basse charge.

La question est résolue actuellement à l'aide d'une commutation produite par une horloge adjointe au compteur. Les signaux décrits précédemment peuvent remplacer l'horloge change-tarif.

Par exemple, pour les compteurs à double tarif, il faut deux sortes de signaux caractérisés par des périodicités assez différentes, il faut deux récepteurs chez l'abonné, respectivement sensibles aux deux signaux ; les électros des récepteurs peuvent déplacer une tige horizontale suivant deux positions correspondant aux deux tarifs.

Si l'on veut connaître la consommation pour chaque tarif, un rouage mû par le compteur et porté par la tige horizontale entre en prise avec l'une ou l'autre des roues dentées commandant chaque minuterie.

Si la dépense totale seule importe, il suffit que cette tige ajoute ou enlève des spires aux bobines de tension.

Il n'y a pas à craindre qu'un client peu scrupuleux coupe son courant au coffret pendant une petite durée comprenant le temps de signal ; il suffit en effet d'envoyer de temps à autre le signal caractéristique du tarif qui confirme le premier signal ou détruit la susdite manœuvre.

L'avantage de ce système et de tous les systèmes à signaux sur les compteurs indépendants à horloge est que le réseau est constamment maître de sa tarification. En particulier, il peut accorder les dimanches et jours de fête, soit 60 jours par an, des tarifs réduits qui relèveraient à coup sûr la faible charge de ces journées. De plus, ces compteurs ne nécessitent ni remontage ni réglage.

Quant à la comparaison qu'on pourrait faire entre les prix des compteurs, elle est encore prématurée ; on peut dire cependant que l'existence d'un débouché important pourrait abaisser le prix au-dessous de celui des compteurs actuels.

Les systèmes de transmission de l'heure et de multiple tarification peuvent s'appliquer simultanément sur le même réseau. On peut alors étudier des combinaisons permettant de réduire au minimum le nombre des catégories de signaux. Par exemple on peut adopter le récepteur b pour l'horloge, on utilisera un signal de jour et un signal de nuit en résonance avec chacun des index L et L'. Les actions seront distinctes sur le compteur et identiques sur l'horloge.

Remarquons aussi en passant qu'on peut constituer une horloge réceptrice sans moteur auxiliaire, de la façon suivante :

Dans un compteur à double tarif, on sépare le distributeur de tarifs et ses récepteurs de signaux, du compteur d'énergie proprement dit. Puis on adjoint à ce premier ensemble un compteur des mouvements de va-et-vient de la tige horizontale, ce nombre s'inscrit sur les aiguilles d'un cadran horaire. Si les signaux se succèdent de minute en minute, alternativement d'une période ou d'une autre, on aura l'heure à la minute près.

Enfin on voit qu'il est possible de télégraphier d'une centrale chez les abonnés, même chez tel abonné à l'exclusion des autres, qu'on peut commander des appareils à distance même individuellement. Si ces derniers résultats sont curieux, ils ne sont pas pratiques sauf pour certains cas spéciaux et isolés.

On ne saurait pourtant passer sous silence l'utilisation des signaux à la transmission immédiate du commencement et de la fin des diverses alertes, dans une grande ville sous la menace d'un danger public, comme Paris lors de bombardements aériens ou par canons. Pour cela, il suffirait de commander convenablement à la main les survolteurs existants sur tous les réseaux, il faudrait adopter alors des signaux à longue période ; la réception s'effectuerait à l'aide d'un voltmètre non amorti en combinaison avec une lampe ou une sonnerie.

Conclusion. — Si quelques essais portant sur le récepteur de signaux pouvaient être exécutés sur diffé-

Digitized by Google

rents réseaux en fonctionnement habituel, et si les résultats décrits ci-dessus étaient confirmés, l'unification générale de l'heure suivrait. Les stations centrales recevraient l'heure de la tour Eiffel et la transmettraient à leurs abonnés. De plus, étant donnée la simplicité des organes, le prix de revient pourrait s'abaisser de façon à amener une transformation radicale de l'industrie de l'horlogerie.

Enfin l'introduction générale de la double tarification développerait considérablement la consommation domestique en vulgarisant toutes les petites applications de l'électricité dont les abonnés restent éloignés par suite du haut prix de l'énergie.

Pierre TRICHARD,
Ingénieur à la Société des Forces motrices du Rhône.

L'alimentation des fours électrométallurgiques monophasés par les systèmes de distribution triphasés

Les usines électrométallurgiques étant souvent amenées à utiliser les fours monophasés en les alimentant par des réseaux triphasés, l'auteur examine les moyens d'atténuer ou de compenser les déséquilibres produits lors de l'arrêt d'un ou deux éléments d'une batterie de fours monophasés.

Dans un précédent article (1), nous avons montré que, lorsqu'on voulait équiper une chute d'eau pour l'utiliser présentement à alimenter des industries électrométallurgiques, il était toujours plus intéressant, dans le but surtout de se réserver, pour l'avenir, la possibilité de créer dans la région environnante un réseau de distribution pratique, de prévoir la génération de courants triphasés à l'usine hydro-électrique.

La pratique industrielle semble nous avoir donné raison, et depuis une année le problème a été solutionné d'une manière beaucoup plus générale, puisque, dans beaucoup d'installations et de très grosses installations, on est arrivé à alimenter sans inconvénients des usines électrométallurgiques, équipées avec des fours monophasés, par des réseaux de distribution triphasés.

Bien qu'on ait fait de louables efforts pour introduire des fours triphasés et des fours diphasés, il semble bien que la plupart des électrométallurgistes préfèrent le four monophasé, à cause surtout de la simplicité de sa construction et des frais d'entretien moindres qu'il comporte, en ce qui concerne principalement l'usure des électrodes.

Donc, dans la plupart des cas, actuellement en électrométallurgie, on trouve avantage, d'une part, à créer une usine hydro-électrique triphasée et, d'autre part, à utiliser l'énergie produite dans des fours monophasés.

Les solutions adoptées sont différentes suivant les circonstances et nous envisagerons dans ce qui suit deux cas :

Dans le premier cas, l'usine génératrice hydro-électrique est créée, présentement du moins, pour alimenter uniquement une ou des usines métallurgiques.

Dans le second cas, l'usine génératrice hydro-électrique est créée, pour installer un réseau général de distribution, ce réseau comprenant parmi ses clients des usines électrométallurgiques ou, ce qui revient au même, un réseau de distribution triphasé existant est appelé à alimenter des usines électrométallurgiques.

Il y a là deux cas secondaires à examiner.

a) La capacité des fours monophasés à alimenter est de moyenne importance, la puissance de l'usine génératrice étant telle qu'elle peut sans inconvénient accepter les déséquilibres passagers provenant des arrêts d'un ou de plusieurs des fours monophasés sur une ou deux phases.

b) La capacité des fours monophasés, étant de l'ordre de 3 000 à 5 000 kw, l'usine génératrice triphasée ne peut sans grands inconvénients accepter, lors des arrêts spécifiés ci-dessus, les états de déséquilibre provoqués.

Premier cas. — Le moyen le plus rationnel et le plus employé du reste actuellement, malgré son prix plus élevé, consiste à faire construire des alternateurs triphasés, capables de fonctionner en monophasé et susceptibles de produire, dans ces conditions, la puissance monophasée nécessaire aux besoins électrométallurgiques présents. On se réserve ainsi la possibilité ultérieure de créer un réseau de distribution triphasé presque sans modifications, mais on est conduit, comme nous venons de le signaler, à des alternateurs d'un prix plus élevé.

En effet, si on fait construire les alternateurs triphasés de manière qu'ils puissent fournir immédiatement la puissance totale disponible en fonctionnant en monophasé, ces alternateurs seront susceptibles de fournir en triphasé une puissance de 30 pour 100 environ plus grande que la puissance monophasée égale par définition à la puissance de la chute ; d'autre part, si on établit des alternateurs pour donner en triphasé la puissance totale, on ne pourra employer, lors du fonctionnement en monophasé, que les 7 dixièmes environ de cette puissance, l'utilisation de la chute sera donc mauvaise, mais les alternateurs seront d'un prix

(1) *R. G. E.*, 10 mars 1917, t. I, n° 10, p. 379.

Digitized by Google

moins élevé. La solution la plus simple et la plus judicieuse paraît être dans ce cas de prendre la moyenne entre ces deux extrêmes.

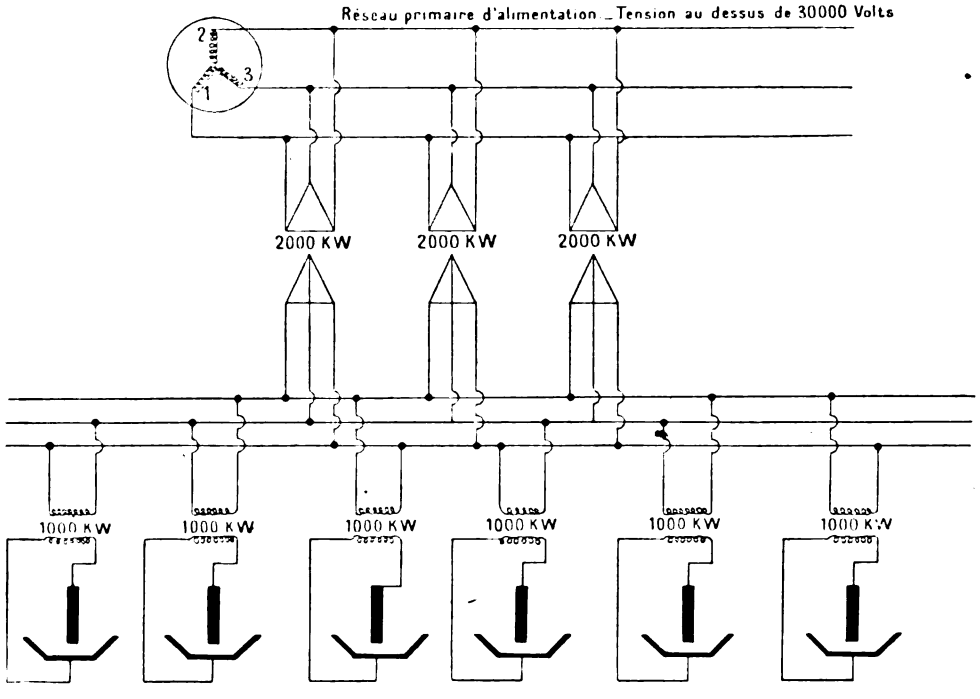
Deuxième cas. — Lorsque les usines métallurgiques sont alimentées par un réseau de distribution régional, qui ne peut admettre les déséquilibres produits, il faut ou réduire au minimum ces déséquilibres ou les compenser.

a) Si la capacité des fours monophasés est de moyenne importance par rapport à la puissance totale des usines génératrices alimentant le réseau régional, on peut se contenter de diminuer autant que possible ce déséquilibre par un choix convenable des connexions des transformateurs abaisseurs amenant la tension primaire du réseau à la tension exigée par les fabrications électro métallurgiques.

Si la tension primaire est élevée et atteint des valeurs au-dessus de 30 000 v, on peut abaisser la tension en deux opérations successives. Par exemple, de la tension primaire on descend à 5 000 ou 10 000 v, au moyen d'une première série de transformateurs, puis on amène, à l'aide des transformateurs de fours proprement dits, cette nouvelle tension à la tension finale désirable.

Il est bon dans ce cas d'utiliser le schéma de la figure 1.

Les transformateurs effectuant le premier cycle de l'opération seront bobinés, par exemple, en triangle au primaire et en triangle au secondaire. Les primaires des



[Fig. 1. — Schéma d'installation de fours d'électrométallurgie monophasés sur un système triphasé [deuxième cas (*a*)].

transformateurs des fours proprement dits seront réunis en triangle, les secondaires fonctionnant indépendamment sur chaque four monophasé. Il est préférable de choisir des transformateurs monophasés pour les fours, ce qui est avantageux pour les manipulations, les appareils de rechange et la répartition des canalisations basse tension. Les transformateurs du premier cycle pourront être, suivant les puissances mises en jeu, soit des transformateurs triphasés, soit des transformateurs monophasés réunis en groupes triphasés. Étant données les puissances généralement envisagées en électrométallurgie, puissances qui atteignent en moyenne 1 000 à 1 100 kw au minimum par four monophasé, on a intérêt à utiliser dans les meilleures conditions possibles la matière entrant dans la construction des transformateurs d'alimentation, ce qui conduit à la construction soit de transformateurs à bain d'huile et à circulation d'eau dans un serpentin intérieur au transformateur, soit de transformateurs à circulation d'huile dans un serpentin extérieur refroidi dans un bassin d'eau courante.

Ces deux systèmes de refroidissement sont très employés tous les deux. Le premier système est évidemment plus simple que le second, qui exige une pompe à huile de circulation et la canalisation correspondante. Le refroidissement par circulation d'huile offre l'avantage de ne pas présenter, comme dans le cas du refroidissement par circulation d'eau, de risques pour le transformateur en cas de rupture ou de perforation du tube constituant le serpentin ; on diminue d'ailleurs considérablement ce risque en utilisant des serpentins en cuivre de préférence aux serpentins en

Digitized by Google

acier. Il semble que le refroidissement par circulation d'huile soit nécessairement plus efficace, puisque les calories emmagasinées dans l'huile sont beaucoup plus régulièrement dissipées dans l'eau de circulation que dans le premier système. Toutefois, à cause de sa simplicité, on préfère généralement le refroidissement par circulation d'eau dans un serpentin en cuivre. On n'utilise guère la circulation d'huile que si l'eau dont on dispose est de mauvaise qualité, susceptible de produire des dépôts à l'intérieur du serpentin, dépôts qui forment une couche calorifuge s'opposant aux échanges de chaleur.

Un autre avantage du système à circulation d'huile est de permettre d'épurer en charge l'huile des transformateurs au bout d'un certain temps de fonctionnement au moyen de filtre-presses, sans interrompre le service et en évitant des manipulations fastidieuses.

b) Lorsqu'il s'agit de fours de grandes capacités, la disposition de la figure ne semble pas suffire. On peut alors recourir pour remédier au déséquilibre à l'emploi de convertisseurs de phases shunt qui permettront de compenser le déséquilibre, même s'il se produit sur deux des phases d'un système triphasé. Naturellement, il faudra prévoir, pour alimenter un tel convertisseur, un transformateur abaisseur d'une capacité correspondant à la puissance du convertisseur et ramenant la tension du réseau primaire à la valeur exigée par les nécessités de construction de ce groupe. Cette valeur ne peut pas dépasser actuellement 10 000 v. Il est possible, lorsque la tension primaire d'alimentation n'est pas supérieure à cette valeur et qu'on est amené à construire des convertisseurs de grande puissance (4 000 à 5 000 kw), de supprimer le transformateur abaisseur et alimenter le convertisseur directement sous la tension primaire.

Remarquons que, dans ce cas naturellement, on n'aura pas besoin d'opérer l'abaissement de la tension primaire en deux cycles et qu'on pourra directement, au moyen des transformateurs des fours eux-mêmes, amener la

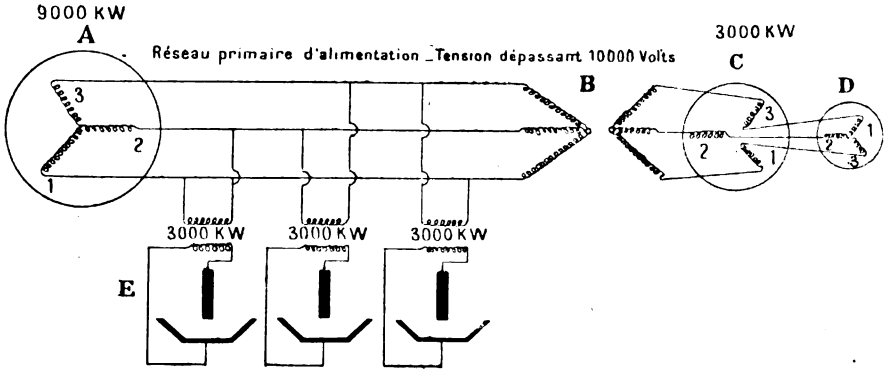


Fig. 2. — Schéma d'installation de fours d'électrométallurgie monophasés sur un système triphasé avec groupe convertisseur de phases shunt [deuxième cas (*b*)].

tension primaire d'alimentation à la valeur demandée par les fabrications électrométallurgiques envisagées.

On appelle groupe convertisseur de phases [1] shunt un groupe composé d'un alternateur, susceptible de produire la puissance totale de déséquilibre du système triphasé et d'une petite machine auxiliaire appelée compensateur de phases, qui est montée en bout d'arbre avec l'alternateur. Quand ce groupe tourne, alimenté par la ligne, sans que le compensateur de phases soit excité, tout se passe comme s'il s'agissait d'un moteur synchrone ordinaire branché sur le réseau. Dès que le compensateur de phases est excité, par suite des connexions réalisées entre le groupe convertisseur lui-même et le compensateur, un système de courants triphasés est induit dans la cage d'écureuil du convertisseur. Ce système triphasé a un sens de rotation inverse de celui du système induit dans cette cage lorsque le groupe convertisseur fonctionne en moteur synchrone alimenté par la ligne, le compensateur de phases n'étant pas excité. On démontre que la résultante de ces deux systèmes est un système monophasé compensant le déséquilibre monophasé produit sur une phase, à condition qu'on règle convenablement l'excitation du convertisseur de manière que le système monophasé résultant produit dans le convertisseur corresponde, en grandeur et en phase, à la charge monophasée déséquilibrant le système triphasé ; on démontre de plus que, si un autre déséquilibre de même grandeur se produit en même temps sur l'une des deux autres phases, les courants que doit engendrer le groupe convertisseur pour équilibrer ces deux charges monophasées sont égaux en grandeur à ceux du premier cas, toutefois les angles de déphasage de ces courants ne sont pas les mêmes dans les deux cas. On en déduit que le même groupe convertisseur peut servir à compenser soit une charge monophasée W prise sur une phase d'un système triphasé, soit deux charges monophasées égales toutes deux à W, prises sur deux phases de ce système.

Un tel groupe convertisseur permettrait donc, au moment de l'arrêt de deux unités monophasées ou d'une seule, de compenser le déséquilibre produit dans le système triphasé, la puissance du groupe convertis-

(1) *General Electric Review*, juin 1917, t. XX, n° 6, p. 479.

Digitized by Google

seur de phase shunt correspondant seulement à la puissance d'un seul four monophasé.

Remarquons que ce groupe n'a généralement pas besoin de tourner lorsque les trois fours fonctionnent en même temps dans des conditions à peu près identiques sur le réseau triphasé.

Il suffira de le mettre en route lorsque, pour une raison quelconque, il sera nécessaire de mettre hors circuit, soit un, soit deux fours monophasés de la batterie correspondante. On le laissera donc fonctionner seulement pendant le temps des arrêts partiels de la batterie ou lorsque la charge prise par chacun des fours étant très différente, il se produira un important déséquilibre sur le système triphasé.

Le schéma de principe d'une installation électrométallurgique avec groupe convertisseur de phase shunt est représenté par la figure 2 en supposant que la tension primaire permette d'obtenir la tension exigée par les fabrications électrométallurgiques au moyen d'un seul système de transformateurs abaisseurs, sans toutefois laisser la possibilité d'alimenter le groupe directement sous cette tension. A représente un alternateur alimentant le réseau ; B le transformateur abaisseur correspondant au groupe convertisseur ; C l'alternateur du groupe ; D, le compensateur de phases ; E la batterie de transformateurs monophasés des fours.

E. Piernet,
Ingénieur I. E. N., Licencié ès sciences.

Revues, analyses et informations

L'amélioration du facteur de puissance des stations centrales suisses grâce à des modifications de tarif (1).

On a remarqué que, pour beaucoup de stations centrales suisses, la valeur du facteur de puissance s'abaisse de plus en plus et descend parfois d'une si importante manière qu'on a lieu de s'inquiéter pour la capacité de production d'énergie de ces stations. La cause de cet état de choses réside principalement dans l'installation d'un grand nombre de transformateurs de faible puissance qui, pendant la plus grande partie du temps, fonctionnent à faible charge ; d'autres usines d'électricité se plaignent des circonstances suivantes : il arrive souvent que de gros abonnés, qui possèdent une installation génératrice mue par chute d'eau, demandent, au réseau de leur région, l'appoint de puissance nécessaire ; au lieu de ne prendre cet appoint qu'au moment où leur chute ne suffit plus à leurs besoins, ils laissent toujours le réseau marcher en parallèle avec leurs installations ; le réseau sert alors à régler la vitesse. Dans d'autres cas, de gros abonnés possédant une installation électrique à eux, marchant en parallèle avec un réseau voisin, excitent trop faiblement leurs machines : le réseau leur fournit alors du courant magnétisant ; comme actuellement tous ces abonnés ne paient que les kilowatts-heures à la station qui les alimente, ils ne tiennent nullement compte de la puissance apparente fournie et se soucient peu que le facteur de puissance soit élevé ou non.

Cet état de choses a ému les électrotechniciens suisses et le secrétariat général de leur association a été chargé de consulter les grandes stations centrales suisses et de leur demander quel est actuellement l'état de leur fonctionnement à ce point de vue et quelles dispositions elles préconisent pour permettre une amélioration de ce fonctionnement. Cette consultation s'est étendue à vingt stations centrales. Nous donnons ci-dessous les résultats principaux de cette enquête.

I. — État actuel du fonctionnement au point de vue du facteur de puissance. — Les mesures effectuées ont montré que le facteur de puissance des stations centrales suisses atteint en moyenne les valeurs suivantes. Il varie pendant les heures du jour entre 0,65, 0,6, 0,5 et même moins dans certaines parties des réseaux pour s'élever, pendant les heures d'éclairage, à 0,68, 0,75, 0,9.

Ce phénomène se présente sous un jour tel qu'il y a nécessité absolue de prendre le plus rapidement possible des dispositions effectives pour enrayer cette diminution du facteur de puissance.

Beaucoup de stations centrales se sont efforcées d'y apporter un remède par des moyens techniques ; emploi de moteurs synchrones surexcités pour la commande des groupes convertisseurs rotatifs, de compensateurs de phase sur les dérivations principales de force motrice. Ces moyens ne sont toutefois que des palliatifs incomplets qui rétablissent le facteur de puissance à une valeur plus convenable, généralement au dépens du rendement, mais qui, à vrai dire, n'atteignent pas les causes intimes du déphasage et, par suite, n'ont aucune influence sur la valeur absolue du facteur de puissance dans ces installations.

Les différentes usines consultées estiment que le meilleur moyen d'améliorer le facteur de puissance est d'introduire une réglementation des tarifs d'abonnement basée sur sa valeur. Elles estiment qu'il n'y a pas lieu, généralement, d'envisager une réglementation unique et générale, mais plutôt des dispositions particulières dans chaque cas.

II. — Les manières principales dont on peut tenir compte du facteur de puissance dans les tarifs d'abonnement. — Le secrétariat général de l'Association avait désigné trois modes de tarification :

a) Calcul du prix de l'énergie fournie en tablant sur un prix de base établi d'après la valeur du cos φ et la puissance désignée sur la police d'abonnement ;

b) Maintenir la tarification en usage actuellement, mais en introduisant un supplément ou une indemnité, dans le cas où le facteur de puissance d'une installation donnée descend au-dessous d'une valeur moyenne déterminée à l'avance ;

c) Dans ce dernier cas, envisager même une bonification, au moins pour les gros abonnés, lorsque le facteur de puissance aura dépassé une certaine valeur préalablement fixée.

La première méthode atteint théoriquement le but qu'on se propose d'une façon absolument parfaite, mais elle offre une assez grande complication en pratique et entraîne une augmentation considérable des frais de mesure et d'évaluation de l'énergie consommée, principalement parce qu'elle

(1) *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, août 1917, n° 8, p. 201, t. VIII.

Digitized by Google

nécessite, pour chaque abonné, des instruments ou des compteurs spéciaux.

La deuxième méthode paraît plus simple parce qu'elle permet d'éliminer le calcul pour tous les abonnés dont le circuit présentera un facteur de puissance supérieur ou égal à la limite conventionnelle. L'opinion générale à ce sujet est que : une valeur progressive du facteur de puissance limite doit être établie suivant la grandeur de la dérivation d'abonné. Pour les petites installations, l'indemnité serait appliquée lorsque le facteur de puissance descendrait au-dessous de 0,6 à 0,5, pour les gros abonnés la limite serait 0,78 à 0,7.

Pour déterminer le facteur de puissance des petites installations, plusieurs usines indiquent qu'il suffirait d'une seule mesure.

La troisième méthode paraît également pouvoir être pratiquement applicable, à condition qu'on se contente de l'imposer aux gros abonnés. La bonification à appliquer serait graduellement proportionnée à l'augmentation du facteur de puissance à partir d'une limite supérieure déterminée.

Une des grosses usines consultées propose la méthode suivante : pour les gros abonnés, le facteur de puissance moyen serait déterminé pour un intervalle de temps donné (un mois par exemple) par la lecture d'un compteur ordinaire et d'un « compteur de sinus » (d'après Landis et Gyr), mis en série avec le premier; l'indemnité serait alors calculée de la manière suivante :

a) Si le facteur de puissance moyen ne descend pas au-dessous de 0,7 à 0,75, on paiera le prix normal pour le kilowatt-heure.

b) Une indemnité ou une bonification proportionnelle sera concédée si le facteur de puissance est inférieur ou supérieur à cette limite.

III. — Possibilités d'enregistrer l'énergie consommée en tenant compte du facteur de puissance. — On peut, comme indiqué ci-dessus, combiner un compteur de sinus système Landis et Gyr avec un compteur ordinaire. Le compteur de sinus enregistre l'énergie apparente. Le compteur ordinaire enregistre l'énergie active seulement, de sorte que le quotient des lectures des deux appareils donne la valeur moyenne du facteur de puissance.

On peut aussi utiliser le système tarificateur qui repose sur l'emploi du compteur complexe Arno. Ce compteur complexe permet de diminuer ou d'augmenter le nombre de kilowatts-heures enregistrés, chaque fois que le facteur de puissance diffère d'une quantité donnée, par rapport à une limite supérieure ou à une limite inférieure. Les compteurs Arno normaux enregistrent, en effet, en supplément une certaine quantité d'énergie réactive; normalement 2/3 kw-h + 1/3 kv-a:h, ce qu'on peut écrire 2/3 kw-h $\left(1 + \frac{1}{2\cos\varphi}\right)$; on voit que, lorsque $\cos\varphi$ augmente, le chiffre enregistré diminue, lorsque $\cos\varphi$ diminue, le chiffre enregistré augmente. Ce système est plus simple que le précédent; il présente par contre l'inconvénient de ne donner des indications exactes qu'entre des valeurs déterminées du $\cos\varphi$ et de ne se construire en triphasé que pour des systèmes équilibrés.

IV. — Autres moyens proposés. — Pour les petits abonnés, établir une fois pour toutes la valeur du facteur de puissance de l'installation; établir la taxe minimum pour les branchements définie par la puissance apparente en kilovolts-ampères et faire subir une augmentation de tarif déterminée, si la puissance apparente mesurée est supérieure à la puissance apparente prédéterminée.

Une usine a proposé de vendre à forfait l'énergie pour les moteurs. La puissance des moteurs en chevaux est alors déterminée de la façon suivante : on mesure l'intensité et la tension, on admet alors des valeurs déterminées pour le rendement et le facteur de puissance. On choisit pour ces deux nombres des valeurs légèrement plus faibles que les valeurs réelles; il s'ensuit que le moteur à faible charge correspondra à une puissance fournie plus grande que la puissance prise réellement, tandis qu'à pleine charge la puissance fournie calculée au tarif sera légèrement inférieure à celle que demanderait réellement le moteur. De cette manière, on s'assure dans une certaine mesure contre la diminution du facteur de puissance.

Un autre moyen est d'introduire une bonification en tenant compte de la durée d'utilisation du moteur. On entend par durée d'utilisation le quotient :

$$\frac{\text{kilowatts-heures}}{\text{puissance du branchement en kilowatts}}$$

On admet une bonification d'autant plus grande que la durée d'utilisation est plus grande. Si un abonné utilise ses moteurs pendant une période déterminée de la journée, il paiera à l'usine, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus que les moteurs seront moins chargés, d'autant moins que les moteurs seront plus chargés.

En résumé, l'enquête faite a prouvé qu'il était urgent de prendre des mesures pour améliorer le facteur de puissance des réseaux et des usines suisses ; que ces mesures ne pouvaient être rendues efficaces que par l'emploi de tarifications appropriées. Ces mesures sont nécessaires parce qu'il a été reconnu que les moyens techniques destinés à améliorer le facteur de puissance ne sont pas suffisamment utilisés (abonnés possédant des installations primaires propres, des moteurs synchrones, des moteurs asynchrones compensés, etc.). Pour intéresser les abonnés au relèvement du facteur de puissance, on préconise de vendre l'énergie sans indemnité ni bonification pour des valeurs déterminées du $\cos\varphi$, comprise entre 0,7 et 0,75 par exemple ; avec une indemnité lorsque le $\cos\varphi$ est au-dessous de cette valeur, avec une bonification lorsque le $\cos\varphi$ est au-dessus de cette valeur. Les indemnités et les bonifications peuvent être appliquées suivant une tarification progressive.

Lorsqu'un abonné n'a pas de moyen pour agir sur le facteur de puissance de son installation, mais qu'il possède plusieurs gros moteurs, l'usine électrique a intérêt à ce qu'il répartisse la puissance demandée à chaque instant, de manière à utiliser ses moteurs dans les meilleures conditions possibles ; on peut, dans ces cas également, appliquer une tarification analogue à la précédente ou plus simplement une tarification basée sur la durée d'utilisation des moteurs, comme il est indiqué plus haut.

Il est enfin des installations où on ne peut pas agir directement sur le facteur de puissance (monte-charges), ascenseurs, appareils d'électricité médicale, etc.). Dans ce cas, la demande en énergie réactive doit se traduire par un supplément au tarif ordinaire, supplément à déterminer d'après la valeur du facteur de puissance obtenue dans l'installation. Pour les gros abonnés, on peut, dans ce cas, installer des appareils enregistreurs; pour les petites installations, on se contentera d'une mesure préalable où on définira la puissance du branchement non plus en kilowatts, mais en kilovolts-ampères. Dans certains de ces cas, les compteurs complexes système Arno trouvent un judicieux emploi. E. P.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Congrès général du Génie civil (*Suite*)

TRAVAUX DE LA SECTION I (*Suite*)

L'organisation, l'enseignement et la vulgarisation des nouvelles méthodes de travail; sur la rémunération du travail et sur le contrat du travail (1).

Etant donnée l'importance des questions étudiées par M. A. Villemin, nous analyserons de près son rapport.

I. — De l'organisation de l'enseignement et la vulgarisation des nouvelles méthodes de travail. (Le développement du taylorisme en France.) — *Main-d'œuvre, salaire, production.* — La situation de l'après-guerre nécessitera pour tous ceux qui ont souci de la prospérité de la France de prévoir : 1° comment on pourra remédier au défaut de main-d'œuvre résultant des pertes subies du fait de la guerre; 2° comment on pourra permettre à l'ouvrier d'élever convenablement sa famille et d'assurer la tranquillité de sa vieillesse, ce qui ne pourra être obtenu que par des salaires élevés et le bas-prix des utilités nécessaires à la vie; 3° comment on pourra produire à bon marché et en bonne qualité tout ce qui est indispensable à la vie du pays; 4° comment on pourra produire beaucoup et à bon marché, de façon à pouvoir exporter suffisamment pour : *a*) équilibrer le montant de nos importations; *b*) produire un excédent qui permettra à la France de rentrer dans l'or qu'elle a dû prendre sur son épargne pendant la guerre.

Pour obtenir ces résultats il faudra : développer le machinisme jusqu'aux plus extrêmes limites; produire en série, dans tous les cas possibles, et avec matériaux types; modifier nos méthodes de direction; modifier nos méthodes de travail; modifier la base des salaires de façon qu'il soit la représentation d'un travail nettement déterminé.

Développement du machinisme et travail en série. — Ces questions ayant été traitées dans d'autres rapports, nous n'y reviendrons pas.

Des méthodes nouvelles de direction. — Pour que la direction soit effective, elle doit répondre aux conditions principales suivantes : elle doit être spécialement compétente dans tous les travaux qui lui sont confiés; elle doit étudier tous les éléments qui peuvent être une cause de prospérité pour l'industrie envisagée ainsi que ceux qui peuvent lui être défavorables afin de les annihiler le plus possible; elle doit pouvoir établir quelles sont les machines ou outils et les méthodes de travail les plus adéquates aux travaux à effectuer; elle doit pouvoir imposer les normes de l'exécution, sa perfection, sa durée; elle doit pouvoir déterminer et fixer la valeur de chaque unité de travail; elle doit pouvoir déterminer et fixer les rapports entre elle et ceux de tous ses collaborateurs, et ce, sans exception; elle doit avoir une rectitude de jugement qui ne laisse pas de place aux hésitations dans les ordres à donner, dans les règlements à imposer; elle doit apporter le plus grand esprit d'équité dans les relations avec ses collaborateurs et avec sa clientèle; elle doit veiller, avec un soin jaloux, à ce qu'il ne soit pas porté atteinte à son autorité parce qu'elle doit être bien persuadée que les responsabilités qu'elle encourt ont pour contre-partie sa liberté complète d'action; elle doit veiller à l'hygiène de ses locaux et ateliers; elle doit veiller, de même, à préserver ses collaborateurs de tous les accidents pouvant provenir de son fait ou de celui des machines et des méthodes qu'elle préconise.

Des méthodes nouvelles de travail. — Ces méthodes sont déjà appliquées en Angleterre et en Amérique; chez nous on a fait des essais qui, sans être complets, ont donné des résultats incontestés malgré leur improvisation. Mais, pour obtenir un résultat certain avec de nouvelles méthodes de travail, il faut qu'elles soient bien étudiées par la direction et bien appliquées par les contremaîtres et ouvriers, d'où la nécessité de les enseigner d'une façon complète.

De l'enseignement des nouvelles méthodes de travail. — Il est d'une nécessité absolue que les méthodes nouvelles de travail soient enseignées et fixées par des expériences dans tous les cas d'espèces; pour cela il faut modifier les programmes de toutes nos grandes écoles et que les professeurs de ces grandes écoles poursuivent l'étude de tous les moyens propres à assurer le développement du machinisme, une amélioration de l'outillage et que l'étude des méthodes nouvelles de direction, les expériences pratiques, les connaissances théoriques figurent au programme de leur enseignement.

Ceci ne serait pas encore suffisant, il faudrait vulgariser ces méthodes nouvelles en créant des instituts de métiers qui donneraient un enseignement supérieur des métiers dans lequel serait compris l'enseignement des méthodes dites taylorisantes.

Le rapporteur examine ensuite le fonctionnement des instituts de métiers en prenant pour exemple l'institut du bâtiment. L'enseignement pourrait s'y faire en deux

(1) Rapport de M. A. Villemin.

Digitized by Google

degrés, d'abord l'éducation professionnelle élémentaire, ensuite l'éducation professionnelle supérieure.

Pour l'éducation professionnelle élémentaire on pourrait avoir recours aux dispositions suivantes :

1° Former des délégations de l'institut qui seraient chargées de suivre les travaux manuels des jeunes gens, élèves des écoles primaires, avec mission de les diriger vers les professions leur convenant le mieux ;

2° Créer un organisme chargé de mettre en rapport ces jeunes gens avec les employeurs qui veulent et peuvent faire des apprentis et réciproquement ;

3° Etablir des comités corporatifs composés en majorité de patrons et d'ouvriers auxquels seraient adjoints des délégués de l'Etat, des départements, des communes subventionnant l'institut sous une forme ou une autre. Ces comités auraient pour mission :

a) D'établir la charte de l'apprentissage ;

b) De surveiller l'apprentissage de façon que les conditions du contrat soient respectées par les deux parties, patrons et apprentis ;

c) D'organiser des concours de sortie d'apprentissage ;

d) De distribuer des diplômes aux apprentis et aux patrons qui auraient bien rempli tous leurs devoirs ;

e) De placer les jeunes ouvriers à leur sortie d'apprentissage ;

f) De proposer la création d'ateliers d'apprentissage partout où cela serait nécessaire, d'en établir les programmes, d'en surveiller l'exécution ;

g) De proposer la création de cours supérieurs d'apprentissage, de demi-temps ou autres, selon les exigences de la profession ;

h) De préparer ou d'homologuer les programmes de ces cours, de les surveiller et de participer aux sanctions à leur donner, comme il est dit au paragraphe d) ci-dessus ;

i) D'indiquer quels sont ceux des jeunes compagnons sortant d'apprentissage qui seraient les plus aptes à recevoir l'enseignement supérieur.

Les élèves des écoles professionnelles élémentaires seraient naturellement initiés, dans la mesure de leurs capacités, à la pratique des nouvelles méthodes de travail.

L'éducation professionnelle supérieure serait à la fois théorique et pratique.

La partie théorique comprendrait des cours élémentaires :

1° Sur les matières premières, leurs inconvénients, leurs avantages, leur conductibilité, leur densité, leur résistance ;

2° Sur la résistance des matériaux et la façon dont ils doivent être employés ;

3° De physique appliquée aux nécessités de la profession ;

4° De mathématique et de géométrie ordinaire et descriptive, limités aux exigences des cours 1°, 2°, 3° ci-dessus ;

5° De mécanique appliquée aux nécessités de la profession ;

6° D'économie générale, industrielle et ménagère. Une partie de ce cours devrait tendre au développement de l'esprit d'association chez tous les élèves en leur enseignant :

a) Que la défense des intérêts généraux prime celle des intérêts particuliers et cela sans nuire à ces derniers, au contraire.

b) Que l'union fait la force, et cela en toute matière.

7° De comptabilité commerciale.

En outre des conférences seraient faites par des professionnels sur les derniers développements de la science et de l'industrie, et une bibliothèque serait mise à la disposition des élèves et professeurs.

La partie pratique de l'enseignement supérieur devrait comprendre des ateliers modèles où seraient professées et pratiquées les dernières méthodes appliquées au travail humain et au travail mécanique, et à l'harmonie qui doit exister entre ces deux ordres de travaux (système Taylor ou autres). On y enseignerait le moyen d'obtenir une production maximum avec un minimum d'effort.

Ces cours seraient complétés par un cours de pédagogie appliquée aux matières enseignées qui permettrait aux élèves de devenir à leur tour des professeurs compétents, et par une association amicale des apprentis et élèves des instituts, anciens et nouveaux, association qui aurait des buts sportifs, de solidarité et de complément d'instruction professionnelle.

Le rapporteur examine ensuite la question de la direction des instituts qui serait confiée à un Conseil de trois comités : un comité d'enseignement et de pédagogie ; un comité corporatif ; un comité de perfectionnement, enfin un comité de contrôle indépendant du Conseil de direction serait chargé de l'inspection des instituts. M. A. Villemin étudie la composition et le rôle de chacun de ces comités.

Modification des bases du salaire. — Le salaire doit être proportionnel au travail produit par l'ouvrier, c'est la seule façon de tenir compte de sa valeur professionnelle.

Conclusions. — Comme conclusions à la première partie du rapport de M. A. Villemin, le Congrès demande :

1° Que l'enseignement de nos grandes écoles : Polytechnique, Centrale, Beaux-Arts (sections d'architecture), Arts et Métiers, etc., soit modifié de façon à tenir compte de nos besoins de demain, notamment en ce qui concerne le développement du machinisme, l'étude de l'outillage ad hoc, l'étude des nouvelles méthodes de direction ;

2° Qu'un enseignement secondaire soit immédiatement créé pour étudier les nouvelles méthodes d'exécution de travail, pour les diffuser en créant de nombreux ouvriers et contremaîtres capables de les pratiquer et les enseigner ;

3° Que, pour gagner du temps, l'enseignement secondaire soit donné dans les écoles professionnelles de la Ville de Paris et dans les écoles semblables fonctionnant dans les départements ; que ces écoles soient immédiatement transformées en conséquence ;

Digitized by Google

4° Que le Congrès insiste auprès des pouvoirs publics pour la transformation des écoles professionnelles et tout particulièrement auprès du Conseil municipal de Paris, auprès du Conseil général de la Seine et auprès de M. le Préfet de la Seine, pour que les écoles professionnelles de la Ville de Paris soient transformées en instituts de métiers ayant pour but :

A la base :

a) La préparation professionnelle, industrielle, commerciale, agricole et ménagère, pendant les dernières années d'enseignement primaire, et ce conformément aux prescriptions de la loi de 1882.

b) La mise au point de l'apprentissage élémentaire dans les ateliers industriels ou dans les ateliers-écoles, toutes les fois que cela ne sera pas possible autrement.

Au sommet :

La constitution d'un enseignement secondaire destiné au complet perfectionnement des apprentis ayant donné complète satisfaction pendant leur apprentissage, tant au point de vue pratique et théorique qu'au point de vue de leur assiduité au travail et de leur moralité ;

5° Que ces divers enseignements soient coordonnés, de façon à se compléter et à s'entr'aider, de façon à réaliser le maximum d'effets productifs ;

6° Que tout ce qui concerne l'enseignement professionnel soit placé sous une direction unique où il entre une majorité de compétences industrielles, commerciales, agricoles et ménagères.

II. — Rémunération du travail. — La prospérité du pays dépend d'un mode de rémunération rationnelle et équitable du travail. M. A. Villemin examine ce que l'on doit entendre par « salaires ».

Ce que doit être le salaire. Ce qu'il doit comprendre au point de vue de la vie ouvrière. — Le salaire, selon la définition qu'en donne M. A. Villemin, doit être une équivalence en argent ou en nature d'un travail fourni loyal et marchand. L'équivalence peut être basée sur l'unité de travail ou sur l'unité de temps.

Dans le premier système, le salaire est égal au produit du nombre d'unités fabriquées par la valeur en francs de chaque unité.

Dans le second système, qu'on ne devra employer que lorsqu'il sera impossible de faire autrement, il faudra contrôler quotidiennement l'emploi de l'unité du temps.

L'étalonnage du salaire de l'ouvrier. Comment on doit l'établir ? — Pendant longtemps, le salaire de l'ouvrier était établi de façon à lui permettre juste de vivre au jour le jour, et lui laissait comme perspective de mourir à l'hôpital après avoir vécu de la charité publique à partir du jour où il n'avait pu continuer à travailler. Cette situation ne peut durer, et le rapporteur propose un nouveau système pour calculer le prix de l'unité de travail en tenant compte de tous les besoins de l'ouvrier.

Quatre éléments sont à la base de ce calcul.

Le premier est le temps qui doit être passé à l'exécution de l'unité envisagée.

Le deuxième est la somme nécessaire à la vie régulière d'un ouvrier avec une moyenne de trois personnes à sa charge.

Le troisième, le montant de ses charges, transports, fourniture et entretien d'outils, s'il y a lieu.

Le quatrième, le quantum représentant le bénéfice nécessaire à assurer ses charges en cas de maladie, d'accident, de chômage ou de vieillesse.

Pour établir le premier élément, des experts choisis parmi les patrons ayant travaillé dans la spécialité, ou parmi les ouvriers eux-mêmes, pourraient, en travaillant dans les conditions normales d'exécution, fixer le temps normal que doit passer un vrai compagnon pour arriver à la perfection requise de l'unité de travail.

Le deuxième élément sera établi en prenant pour base, dans chaque région, le coût de la vie d'une famille moyenne de cinq personnes (au-dessus, M. A. Villemin estime qu'il appartient à la collectivité de parfaire la différence).

Les deux éléments combinés, donneront le prix de l'unité de travail.

Le troisième élément serait établi par des experts en tenant compte des frais moyens des transports journaliers.

Le quatrième pourra être fixé à x pour 100 du montant de la journée, M. A. Villemin estime que 10 pour 100 correspondent aux charges envisagées.

Le rapporteur examine ensuite les moyens qu'on pourrait employer pour utiliser et préserver jusqu'à l'époque voulue le pourcentage attribué aux bénéfices et répond à l'objection que l'on pourrait faire en disant que le célibataire serait, avec son système, payé le même prix que le chef de famille. Il estime, dans ce cas, qu'on devrait imposer aux célibataires le même pourcentage, mais dans les conditions suivantes :

Deux parts pourraient être faites de leur pourcentage, dont l'une représenterait les charges de famille, et celle-là pourrait leur être payée en capital s'ils se mariaient avant trente ans. On pourrait même, dans des conditions à déterminer, faire des avances à ceux qui se marieraient jeunes et dont le pécule ne serait pas suffisant.

A partir de 30 ans, s'ils n'étaient pas mariés, le pécule acquis leur serait réservé en s'augmentant d'un intérêt à déterminer, de façon que, au cas où ils se marieraient tardivement, ils aient à leur disposition les sommes ainsi retenues.

Au-dessus de trente ans, le quantum représentant les charges de famille serait versé à une caisse spéciale ayant pour but de faire les avances dont on a parlé ci-dessus et le reste à aider des nombreuses familles dans des conditions à déterminer.

De la participation aux bénéfices. — Les idées exposées par M. Villemin sur la participation aux bénéfices méritent de retenir l'attention, d'autant plus d'ailleurs que, d'abord chaud partisan de cette participation aux bénéfices, il est arrivé ensuite à croire qu'elle ne répond pas aux nécessités économiques résultant des liens de droit qui doivent exister entre les parties en présence.

Digitized by Google

La participation aux bénéfices est impossible pour toutes les professions qui, du fait du Code civil, encourent des responsabilités telles que toute une vie de labeur peut être anéantie par une responsabilité même non méritée et qui, de plus, pourrait avoir eu pour auteur un de ceux qui auraient participé aux bénéfices, le patron conservant pour lui seul la ruine et quelquefois le déshonneur.

Pour toutes les autres professions, elle est impossible, car elle serait la mainmise des dirigeants ouvriers sur la direction des maisons; elle entraînerait l'obligation à la vérification des comptabilités, à la discussion de chacune de leurs attributions aux frais généraux, et, entre temps, des critiques injustifiées ou non des procédés employés, etc., etc., et cela sans aucune contre-partie, ni au point de vue de la production, ni au point de vue de la responsabilité, et là où il n'y a pas de responsabilité, il ne peut y avoir ni direction, ni part aux bénéfices. Ceux-ci doivent être fonction de l'effort de l'ouvrier et ils doivent lui être comptés au fur et à mesure qu'il livre à son patron le résultat de son effort.

M. Villemin expose ensuite comment la participation des ouvriers aux bénéfices ne peut qu'augmenter les causes de conflit entre le capital et le travail, il montre que les idées actuellement en faveur parmi les ouvriers et employés s'opposent à l'épanouissement des qualités naturelles de l'individu : chacun est obligé de s'en tenir à une égale médiocrité, celui qui pourrait s'élever au-dessus de ses compagnons de travail en produisant plus qu'eux est, en quelque sorte, ligoté et il s'expose aux pires ennuis s'il veut s'affranchir de ce véritable esclavage.

Les Américains nous ont montré que l'amélioration de la vie ouvrière résidait dans le perfectionnement de la main-d'œuvre, dans son étude scientifique et dans le développement illimité des aptitudes individuelles. Ils ne pratiquent pas le partage des bénéfices, mais uniquement l'élévation des salaires au moyen d'une libre discussion entre patrons et ouvriers ou employés en prenant pour bases de leur raisonnement la quantité et la qualité du travail produit. L'ouvrier doit recevoir immédiatement la récompense de l'effort produit et ce résultat ne peut être obtenu que par la remise en vigueur du travail aux pièces.

Conclusions. — Les conclusions de la deuxième partie du rapport de M. A. Villemin sont les suivantes :

Rémunération du travail : la rémunération du travail doit être proportionnelle au travail, produit loyal et marchand.

Elle doit être conclue de façon à pourvoir à l'entretien de l'ouvrier et de sa famille dans le présent et dans l'avenir.

En conséquence, elle doit comprendre non seulement les charges ordinaires normales, mais encore toutes les charges extraordinaires résultant d'accident, de chômage, de maladie, d'invalidité naturelle ou de vieillesse.

Prévoyance : un pourcentage du salaire serait affecté aux charges extraordinaires. Ce pourcentage serait versé à des caisses de prévoyance administrées par les ouvriers eux-mêmes.

Transitoirement, en attendant que les ouvriers aient pris des aptitudes administratives, les statuts de ces caisses pourraient être conçus de façon à se rapprocher de ceux de la Banque de France, en ce qui concerne notamment la désignation de leurs directeurs et de quelques autres personnalités administratives ou juridiques dont les compétences seraient indispensables pour que l'administration de ces caisses soit toujours maintenue dans le droit chemin en sauvegardant les intérêts des participants sans nuire aux intérêts généraux de la nation.

III. — Le contrat de travail. — Le rapporteur pose en principe que, dans le présent et dans l'avenir, les ouvriers doivent être placés sur le même pied de sécurité pour la sauvegarde de leur foyer que les industriels et commerçants dont ils sont les collaborateurs, et que les contrats de travail doivent s'inspirer des principes généraux qui doivent être à la base de toutes les tractations qu'elles quelles soient et que, en conséquence, ces tractations doivent constituer la loi qui régira les parties en présence, à la condition, bien entendu, que ces tractations n'enfreindront aucune des lois existantes. Ce qui implique qu'il n'est besoin d'aucune loi spéciale pour régir la matière.

Principes généraux. — Ces principes sont les suivants :

1° Les parties contractantes doivent être nettement désignées;

2° Les obligations de chacune d'elles doivent être exactement déterminées;

3° Les sanctions à l'inexécution des obligations doivent être rendues possibles ou, en d'autres termes, les responsabilités de chacune des parties doivent être réelles et non purement morales ou fictives.

On peut y ajouter :

4° Chacune des parties contractantes doit rester dans son rôle.

M. Villemin montre ensuite qu'en aucun cas on ne doit porter atteinte à l'autonomie de la direction, elle encourt seule la responsabilité et a seule le droit d'organiser, d'orienter le travail et de le commander, à la condition de respecter les règles de l'hygiène, de la prévention des accidents et de se conformer loyalement aux tractations intervenues s'il en existe; une délégation du personnel, nommée à titre permanent, lui présenterait toutes les observations qu'elle croirait utiles et dont il y aurait lieu de tenir compte si elles étaient justifiées.

Dans tous les cas, le contrat de travail doit avoir pour base l'équivalence du salaire au travail, que cette équivalence soit fixée par unité de travail ou bien qu'elle soit fixée par unité de temps, il devra prévoir une production minimum dans l'unité de temps, il devra prévoir comment seront établies les bases de rémunération du travail, leur gradation dans les cas de surproduction par rapport au minimum indiqué ci-dessus; il devra contenir une clause relative à l'amélioration et à l'augmentation de la production.

Dans le cas d'un contrat collectif de l'une ou l'autre

Digitized by Google

forme, et pour tenir compte de la condition relative à la désignation des parties en cause, il y aura lieu de prévoir que le contrat intervenu devra être affiché dans les locaux d'embauchage et porté à la connaissance des nouveaux embauchés ; ce contrat, aux termes de leur engagement, devant leur être applicable au titre de règlement de chantier.

Dans tous les cas de contrat collectif, il sera stipulé que, au cas où le défaillant aux obligations du contrat ne pourrait supporter les responsabilités résultant de sa défaillance, la collectivité dont il fait partie en sera solidairement responsable.

Dans les cas où il n'existerait pas de tribunaux compétents pour juger les questions de travail au lieu d'exécution de celui-ci, il pourrait être prévu des Comités mixtes d'arbitrage dont les décisions seraient sans appel; en cas d'égalité des votes, un président départageur pourrait intervenir, mais à la condition d'être désigné d'avance et chaque année par les parties, et cela pour une durée déterminée.

La liberté de travail devra être affirmée dans tous les contrats collectifs.

Les contrats devront définir aussi le domaine de leur application : la durée de la journée de travail ; le repos hebdomadaire ; la base et le prix des salaires, leur paiement ; les questions d'embauchage et de débauchage ; la situation des apprentis, celle des jeunes ouvriers et celle des vieux ouvriers affaiblis par l'âge, etc. ; et, enfin, la durée du contrat avec les modalités de toute reconduction, s'il y a lieu.

On devra prévoir le dépôt du contrat aux greffes des tribunaux compétents.

Les contrats de travail pourraient être prévus sous les formes suivantes : 1° le contrat individuel de patron à ouvrier ; 2° le contrat uni-collectif où l'une des parties est un individu et l'autre une collectivité ; 3° le contrat bi-collectif, œuvre de deux collectivités, en tant que tractation et signature, mais qui devient uni-collectif dans son application, en ce sens qu'une seule des personnalités contractantes de l'une ou l'autre des collectivités peut poursuivre l'exécution du contrat, soit contre la collectivité adverse et contre le défaillant, membre de cette collectivité, ou seulement contre le défaillant ou contre la collectivité elle-même ; 4° le contrat bi-collectif, œuvre de deux collectivités, l'une patronale, l'autre ouvrière.

Le rapporteur fait quelques observations sur ces différents contrats, et termine par les conclusions suivantes :

Conclusions sur le contrat de travail. — Considérant qu'un contrat de travail, quel qu'il soit, n'aura de valeur que si les deux parties le respectent et en exigent l'exécution, le Congrès demande :

Qu'il soit tenu compte des directives suivantes dans l'établissement des contrats futurs.

Les contrats de travail devront avoir pour but de prévenir les conflits en étudiant contradictoirement et de bonne foi, pour les éliminer, toutes les causes qui peuvent les engendrer au fur et à mesure qu'elles se découvrent.

Les contrats de travail devront être en somme des œuvres de prévoyance plutôt que de coercition. Ils devront devenir des éléments de prospérité pour le pays tout entier en y maintenant l'ordre et en s'efforçant d'instaurer la méthode dans l'exécution. Ils devront pousser à la production de toutes les utilités nécessaires à la vie, de façon à les mettre à la portée du plus grand nombre. Ils devront être conçus de façon à devenir des exemples de bonne union dans la justice et dans une sage liberté.

En résumé : il est nécessaire, indispensable même, que les contrats de travail soient la règle et non l'exception en devenant la loi qui régit les parties.

Ils diminueront les heurts, atténueront les causes de conflit, s'ils n'auront pas à les supprimer. Et ce faisant, ils deviendront une cause d'harmonie entre tous les collaborateurs d'une même œuvre.

Le très intéressant rapport de M. A. Villemin est suivi d'un modèle type de contrat de travail.

(A suivre.)

Revues, analyses et informations

Développement commercial des industries techniques en Chine (1).

La Chine, fermée pendant longtemps au monde extérieur, n'est plus un contrée mystérieuse. Un réseau télégraphique et postal s'étend sur le pays tout entier, et il n'est pas de ville importante qui ne soit visitée par des étrangers dans un but commercial. Avant la guerre, Péking n'était qu'à douze jours de voyage de Londres; après la guerre cette durée sera sans doute ramenée à six ou sept jours. On peut voyager en Chine avec sécurité sinon toujours avec confort.

La Chine est un pays de 450 millions d'habitants et on conçoit les possibilités qu'un tel pays ouvre au commerce. L'objet de l'article est de donner quelque idée des conditions réelles et d'exposer quelques suggestions relativement à ce qu'on pourrait appeler le problème commercial en Chine.

La Chine n'a été ouverte au commerce que pendant les cinquante ou soixante dernières années et, actuellement encore, on ne peut faire légalement du commerce que dans 48 ports et 34 places. Cependant les échanges se sont élevés, en 1913, à 147 millions de livres sterling, 86 100 000 pour les importations et 60 900 000 pour les exportations. Les divers pays

(1) S.-W.-B. Mc Gregor. *Electrician*, 7 décembre 1917 et 11 janvier 1918, t. LXXX, p. 338-340, et 554-556, 1 carte.

Digitized by Google

ont pris part à ces échanges dans les proportions suivantes :

Colonies anglaises	21	pour 100
Grande-Bretagne	20	Id.
Japon	19	Id.
Allemagne	9	Id.
Etats-Unis d'Amérique	8	Id.
Russie	7	Id.
France	5	Id.
Belgique	3	Id.
Autres pays	8	Id.

Le pays est généralement très fertile et possède d'importantes ressources, particulièrement en charbon et en fer. La majorité des habitants est occupée à des travaux agricoles et est dans l'ensemble, honnête, laborieuse, sobre. Elle est cependant très pauvre en ce qui concerne les possibilités d'achat, et quelle que soit la raison de ce fait, il faut en tenir compte au point de vue commercial.

Voies de communication. — Il n'y a pas de routes, au sens où nous l'entendons en Europe, sauf dans les ports ouverts et dans un très petit nombre de villes comme Péking et Moukden. Les rues sont extrêmement étroites et mal pavées. Aussi l'introduction des véhicules automoteurs ne peut être que très limitée pendant un grand nombre d'années.

Les communications s'effectuent par voies d'eau, rivières navigables et canaux, encore que ces derniers aient été très négligés. La navigation à vapeur fait de constants progrès et un champ immense existe pour le développement des petits navires à moteur à pétrole.

Au point de vue des voies ferrées, voici quelques données :

Chemins de fer exploités	7 000	miles
Id. en construction	2 300	
Id. concédés	6 000	
Id. projetés	50 000	

Les ressources minérales de la Chine, autres que le fer et le charbon ne sont pas aussi grandes qu'on le supposait, mais elles ont néanmoins une importance qui n'est pas négligeable. Le développement de ces ressources ne pourra avoir lieu que par l'amélioration des facilités de transport, la garantie que les installations et les machines seront protégées, l'élaboration de lois minières qui attirent les capitaux étrangers tout en protégeant les droits des Chinois.

La production annuelle de charbon est évaluée entre 10 millions et 12 millions de tonnes, dans lesquelles l'anthracite et le charbon ordinaire entrent par parties égales. Les exportations de charbon ont été

En 1911, de	396 000	tonnes
En 1912, de	680 000	
En 1913, de	1 500 000	

La seule aciérie de quelque importance est la « Han-yeh-ping Iron and Coal Co », d'Hankow. Mais toutes les conditions sont réalisées pour permettre une grande production d'acier et la Chine est destinée à prendre, dans l'avenir, une place importante dans la production mondiale.

En ce qui concerne le commerce des métaux, la Grande-Bretagne a fourni, en 1913, 50 pour 100 environ des importations de fer et d'acier. La concurrence entre l'Europe et les Etats-Unis va en s'accentuant.

Eclairage électrique. — L'éclairage électrique des villes semble destiné à un grand avenir, cette forme d'éclairage étant très appréciée des Chinois. En 1914, 60 villes environ avaient des installations d'éclairage électrique, la plupart aux mains des Allemands. A l'exception des grands ports, la plupart des installations électriques sont défectueuses. La transmission et la distribution s'effectuent par des systèmes aériens du type le plus primitif. La ville si pittoresque de Péking est défigurée par son réseau aérien.

Les usines électriques du « Shanghaï Municipal Council » méritent une mention spéciale. L'installation est moderne et s'est rapidement développée sous la direction de M. Aldridge. En 1914 plus de 40 millions de kilowatts-heure ont été fournis et les demandes vont toujours en croissant. Des radiateurs électriques ont été installés dans plus de 1 500 habitations, et l'emploi de petits moteurs pour des usages variés s'est extrêmement développé. Malheureusement, Shanghaï, au point de vue de la production électrique ne représente pas, en grandeur ni en rendement, ce qu'on peut réaliser dans les autres villes et il s'écoulera pas mal d'années avant que l'exemple de Shanghaï puisse être égalé ou même approché.

Les méthodes suivies pour obtenir des contrats d'éclairage électrique, en dehors des grands ports, laisse beaucoup à désirer. Habituellement, un syndicat chinois, qui dispose d'un très petit capital, se forme et provoque les offres d'un petit nombre de maisons étrangères. Aucun ingénieur conseil n'est utilisé par les Chinois pour préparer un projet, pour donner son avis sur les offres faites et surveiller la construction. Les projets complets et les soumissions doivent être fournis par les maisons concurrentes, assistées, naturellement de leurs représentants locaux. Les facteurs qui déterminent l'acceptation d'une soumission sont : la réputation de la maison, les prix demandés et aussi les pots-de-vin aux Chinois intéressés. Ces conditions favorisaient les Allemands, grâce à leur puissante organisation.

Développement électrique. — Les tramways électriques n'existent que dans quatre villes, à Dairen (Mandchourie), Hongkong, Shanghaï et Tientsin. Des concessions ont été accordées pour les villes de Hankow et de Péking ; celle de Hankow est anglaise, mais dans le cas de Péking, il y a plusieurs candidats à la concession, le plus important paraissant être la Banque industrielle de Chine (française). Les tramways existants ont obtenu un grand succès, en particulier à Shanghaï, mais il n'y a guère de possibilités immédiates, en dehors de celles qu'on vient de mentionner, les rues des villes chinoises sont si étroites que l'établissement des tramways en nécessiterait presque partout l'élargissement et le pavage.

Les télégraphes appartiennent au gouvernement chinois; ils se développent rapidement. En 1913 les statistiques ont fourni :

Longueur des lignes terrestres	37 403	miles
Longueur des conducteurs aériens	51 103	
Câbles sous-marins	1 002	
Câbles souterrains	102	
Instruments Morse en usage	1 789	
Id. Wheatstone	47	

Les caractères chinois sont télégraphiés au moyen d'un code, dans lequel un nombre correspond à chaque caractère.

Des postes de télégraphie sans fil appartenant aux systèmes Telefunken et Marconi ont été érigés dans 13 centres, et en particulier à Péking, Kalgan, Shanghaï, Woosung, Wuchang et Canton.

Le téléphone existe dans 14 villes et on peut prédire un développement intense des installations téléphoniques. La tendance générale est d'adopter des appareils américains et scandinaves.

L'article que nous analysons se termine par des considérations sur les autres industries et sur le développement du commerce.

A. B.

Digitized by Google

Assemblées générales

Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 15 AVRIL 1918.

Les actionnaires se sont réunis en vue de fusionner avec « l'Eclairage électrique » par voie d'absorption. Cette fusion est nécessitée par l'utilité de concentrer les entreprises industrielles pour éviter la déperdition d'efficacité des efforts et des capitaux.

La Compagnie Thomson-Houston reprend l'ensemble de « l'Eclairage électrique »; en rémunération de son apport il est attribué à la liquidation de cette Société 60 350 actions nouvelles de la Thomson-Houston pour être distribuées aux actionnaires et porteurs de parts, soit une somme de 30 175 000 fr.

D'autre part, afin d'accroître parallèlement les moyens financiers et les moyens industriels, le Conseil propose d'émettre 59 650 actions nouvelles qui, avec les 60 350 à créer pour les apports de « l'Eclairage électrique », porteraient le total de l'augmentation de capital à 120 000 actions nouvelles et le total du capital à 250 000 actions, soit 120 millions de francs.

Ces actions nouvelles seront émises avec une prime de 100 fr par titre, soit à 600 fr, coupon 29 attaché.

Cesdites actions seront réservées de préférence aux propriétaires des actions composant le capital social après fusion, le droit des actionnaires pouvant s'exercer irréductiblement à raison d'une action nouvelle pour trois anciennes.

Le premier quart et la totalité de la prime, soit 225 fr, seront versés à la souscription courant mai et le solde courant juillet.

L'assemblée ayant adopté les propositions du Conseil, en conséquence les articles 5, 6, 15, 19, 21, 23, 33, 35, 38, 39, 50 et 53 des statuts sont modifiés.

L'Eclairage électrique.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 15 AVRIL 1918.

Réunis en assemblée générale extraordinaire, les actionnaires ont adopté les résolutions suivantes :

1° L'assemblée générale — connaissance prise d'un acte sous signatures privées en date du 12 avril 1918, aux termes duquel un administrateur, délégué par le Conseil d'administration de la Société « l'Eclairage électrique », a (sous réserve de l'approbation par la présente assemblée générale) fait apport, à titre de fusion, à la « Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston » (sous réserve de l'approbation des assemblées générales de cette Compagnie) de tout l'actif de ladite Société (sous réserve d'une somme de 1 447 101,85 fr à répartir entre les ayants droit en représentation forfaitaire des bénéfices de deuxième semestre de 1917) tel qu'il existait au 1er janvier 1918, à charge par la Compagnie absorbante de payer tout le passif de la Société apporteuse, et moyennant l'attribution à celle-ci de 60 350 actions de 500 fr de la « Compagnie Thomson-Houston » à créer à titre d'augmentation du capital — déclare accepter et approuver cet apport aux conditions stipulées en l'acte précité.

Et elle confère au Conseil d'administration les pouvoirs nécessaires à l'effet de réaliser définitivement la fusion dont il s'agit.

2° L'assemblée générale autorise le Conseil d'administration à faire la répartition entre les ayants droit de la somme de 1 447 101,85 fr, laquelle somme, en cas de réalisation définitive de la fusion avec la « Compagnie Thomson-Houston » représentera forfaitairement le bénéfice du deuxième semestre de 1917, et, en cas de non-réalisation de cette fusion, formera un acompte sur le dividende de l'exercice 1917-1918; ledit paiement s'effectuera à dater du 25 avril 1918, à raison de :

7,50 fr par action pour les actions nos 1 à 120 000.

4,44 fr par action pour les actions nos 120 001 à 200 000.

36,2739 fr par part de fondateur, le tout sous déduction des impôts.

3° L'assemblée générale décide que, par le seul fait et à partir du jour de l'approbation définitive de l'apport dont il est question dans la première résolution par l'assemblée générale extraordinaire des actionnaires de la « Compagnie Thomson-Houston », la Société « l'Eclairage électrique » sera dissoute de plein droit et en état de liquidation.

Et, en vue de cette dissolution, l'assemblée générale nomme trois liquidateurs avec les pouvoirs les plus étendus.

Société anonyme des Forces motrices de la Garonne.

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES ORDINAIRE ET EXTRAORDINAIRE DU 5 MARS 1918.

La Société rend compte aux actionnaires des travaux entrepris à l'usine de Boussens destinée à fournir du chlore électrolytique à l'Etat; ceux-ci ne sont pas encore terminés, malgré cela la production est actuellement d'environ un tiers de ce qui était prévu; la Société compte que l'usine sera en avril en pleine activité. Les agrandissements ayant nécessité des emprunts, une augmentation de capital est proposée.

Des travaux sont projetés pour améliorer l'usine hydro-électrique de Mancioux.

Le moulin, la chute et les terrains de Roquefort sont maintenant acquis à la Société.

Le solde bénéficiaire de 1917 s'élève à 220 187 fr; sur cette somme il est proposé divers amortissements pour l'usine de Mancioux se montant à 114 544,25 fr.

Sur le solde disponible de 105 642,75 fr il est versé 5 pour 100 à la réserve légale, 5 pour 100 de dividende aux actionnaires, le report à nouveau est de 360,60 fr.

Le dividende de 25 fr sera payé le 1er juillet contre coupon n° 1.

Les actionnaires, réunis le 5 mars en assemblée générale extraordinaire, ont décidé de porter le capital de 2 000 000 fr à 3 500 000 fr par l'émission au pair de 3 000 actions nouvelles de 500 fr chacune, jouissance au 1er janvier 1918, tous pouvoirs sont donnés au Conseil d'administration pour réaliser cette émission en dehors de toute publicité. Il est décidé que les statuts sociaux subiront de ce fait quelques modifications.

L'assemblée autorise le Conseil d'administration à émettre un emprunt obligataire de 3 500 000 fr.

Digitized by Google

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Usine hydro-électrique et usine électrothermique de Mancioux. Terrains, bâtiments, matériel	2 171 827,50
Usine électrochimique de Boussens. Terrains, bâtiments, matériel	2 761 613,80
Chute du moulin de Roquefort et terrains	469 000 »
Camions automobiles et automobiles	55 767,15
Frais de constitution de la Société	54 490,10
Options sur terrains à Martre-Tolosane	1 690 »
Espèces, caisse, débiteurs divers, etc	126 742,60
Stocks :	
Usine de Mancioux	66 484,40
Usine de Boussens	75 629,55
Fours à chaux	1 061,40
Scierie	15 850,75
Divers	47 709,60
	5 847 866,85

Passif.

	fr
Capital	2 000 000 »
Emprunt, obligations	452 500 »
Fonds de réserve	144 237,80
Fournisseurs et divers	622 559,65
Coupons obligations	35 178,60
Intérêts dus sur avances	21 604,25
Dû à l'enregistrement (droits pour quatrième trimestre 1917)	3 062,60
Société J. Cartier et Co	93 481,75
Reste dû sur chute et moulin de Roquefort	200 000 »
Reste dû sur propriété Combret	30 000 »
Avances par le Conseil d'administration	1 175 000 »
Banquiers	850 055,20
Solde du compte profits et pertes (bénéfice)	220 187 »
	5 847 866,85

Compagnie l'Union des Gaz.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 8 JANVIER 1918.

La continuation de l'état de guerre entraînant des hausses énormes des prix du charbon, des frets, du change et une raréfaction de la main-d'œuvre, provoque de grandes difficultés et de lourds sacrifices ; la perte sur les usines s'élève à 2 169 076,40 fr, chiffre cependant moins élevé que celui de l'année dernière.

La Compagnie a obtenu un arrangement avec la ville de Montargis lui permettant d'augmenter le prix du gaz.

Les recettes, 2 121 364.85 fr, sont supérieures à celles de l'année dernière.

Le compte profits et pertes est de 2 263 456,92 fr auquel il faut ajouter le reliquat du 30 juin 1916, 1 652 336,99 fr, et l'amortissement de 3 479 obligations sorties et la prime de remboursement des obligations amorties, soit un total de 5 655 293,91 fr, qui est reporté à nouveau.

BILAN AU 30 JUIN 1917.

Actif.

	fr
Etablissement	82 243 188,43
Canalisations et installations électriques revenant aux communes en fin de concession	578 594,17
Appareils et installations en location	17 658 232,40
Fonds de roulement des usines	14 084 156,67
Travaux en cours	24 895,71
Valeurs diverses	671 072,85
Portefeuille et participations	12 116 460 »
Espèces en caisse et dans les banques	653 683,99
Débiteurs divers	5 739 496,48
Solde débiteur au 30 juin 1917	4 002 956,92
Report au 30 juin 1916	1 652 336,99
	139 425 074,61

Passif.

	fr
Capital :	
70 000 actions	35 000 000 »
80 881 obligations	39 738 695 »
Amortissement des canalisations et installations électriques revenant aux communes en fin de concession	133 142,91
Amortissement des appareils et installations en location	11 771 847,02
Amortissement général	28 256 225,86
Réserve statutaire	3 600 000 »
Réserve, risques maritimes et incendie	1 379 653,29
Créanciers divers	19 645 510,53
	139 425 074,61

Compagnie centrale d'Eclairage par le Gaz (Lebon et Cie).

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 26 MARS 1918.

Pendant cette année l'approvisionnement en charbon est devenu de plus en plus difficile, la hausse des frets et des charbons a atteint des proportions inimaginables, ainsi les frets de 7 à 10 shellings avant la guerre arrivent à 200, 260 et même 385 shellings en 1917.

La Société a affrété des navires pour se procurer du charbon en Egypte et en Espagne.

Malgré les difficultés, les usines ont pu être maintenues en fonction, quoique quelques-unes aient été parfois sur le point de s'éteindre.

Les litiges avec certaines villes de France et d'Algérie, au sujet des augmentations de prix, ont reçu un commencement de solution devant quelques Conseils de préfecture, d'autres ont débouté la Société qui est obligée d'avoir recours au Conseil d'Etat.

Les ventes brutes de gaz et d'électricité ont atteint 26 578 654.74 fr au lieu de 27 686 420,65 fr en 1916.

Les bénéfices provenant des divers établissements ont été de 3 596 562,56 fr en 1917, en diminution de 1 782 627,13 fr.

Après prélèvement des charges ordinaires, le solde disponible est de 551 478,93 fr.

L'assemblée décide de reporter ce solde sur l'exercice 1918 et de ne pas donner de dividende.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Usines et concessions d'éclairage et travaux supplémentaires	154 022 431,56
Immeuble social et propriété de la Compagnie à Paris	1 017 000 »
Espèces en caisse et en banque	7 111 779,65
Portefeuille et représentation de la réserve	11 767 336,70
Débiteurs divers	19 405 560,58
	193 324 108,49

Passif.

	fr
Capital	71 504 134,95
Amortissement et dépréciation de l'actif	79 168 663,71
Réserve statutaire	1 000 000 »
Fonds de prévoyance	14 095,35
Caisse de retraites	1 990 480,45
Amortissements divers dans les usines	15 742 067,78
Dividendes et intérêts	1 423 078,14
Obligations à rembourser	1 759 400 »
Créditeurs divers	20 102 048,34
Fonds spécial d'amortissement des actions	68 660,84
Solde créditeur au 31 décembre 1917	551 478,93
	193 324 108,49

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : **J. BLONDIN**, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF : **Alfred SOULIER**, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 21. — 25 MAI 1918.

Chronique. — L'uniformisation de la nature du courant, de la fréquence et des tensions dans les réseaux de distribution d'énergie électrique. — La consommation d'énergie électrique de l'agglomération parisienne, p. 745-746.

Section scientifique et technique. — Note sur une nouvelle solution du problème de la régulation des groupes électrogènes, par L. BARBILLION et L. CAYÈRE, p. 747.

Section industrielle. — Le réglage de la combustion dans les chaufferies modernes, par L. CONGE, p. 765. — La tourbe et l'industrie électrique (*suite*), par Pierre GUIEU, p. 768. — Revues, analyses et informations : Transformateurs pour sonneries, p. 774; Sur la mesure de la viscosité des huiles, p. 777; L'utilisation des tramways pour le transport des marchandises, p. 777. — Notes pratiques : Récupération par électrolyse du cuivre des bains de décapage, p. 778.

Section économique et financière. — Congrès général du Génie civil (*suite*), p. 779. — Assemblées générales : Compagnie des Chemins de fer nogentais p. 783; Compagnie des Tramways de Nice et du Littoral, p. 784.

L'uniformisation de la nature du courant, de la fréquence et des tensions dans les réseaux de distribution d'énergie électrique.

Nous avons déjà signalé ici les résolutions prises en vue de cette uniformisation par le Syndicat des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique, par le Comité électrotechnique français et la Société hydrotechnique de France (1). Le Comité d'Électricité, saisi également de la question, a fait connaître au ministre des Travaux publics et des Transports les propositions qui lui paraissaient devoir être prises après entente avec les principaux groupements intéressés et, à la date du 1er avril, le ministre, M. Claveille, a adressé aux ingénieurs en chef du Contrôle des Distributions d'énergie électrique la circulaire que nous reproduisons ci-dessous.

Cette circulaire fait une distinction entre les réseaux à reconstruire dans les régions dévastées par l'ennemi, les réseaux actuellement en fonctionnement dans les autres régions et enfin les réseaux de ces dernières régions qui, ultérieurement concédés, pourront être considérés comme entièrement nouveaux. Tout en recommandant pour les réseaux de la seconde et de la troisième catégorie les tensions prescrites pour ceux de la première, elle fait toutefois remarquer que pour les uns et les autres « les questions d'appréciation joueront un rôle important dans l'application des prescriptions de la présente circulaire ».

Mon attention a été appelée sur l'intérêt qu'il y aurait à uniformiser dans la mesure du possible le type de courant distribué par les usines de production d'énergie électrique. Grâce à cette uniformisation, les producteurs d'énergie pourraient relier leurs réseaux et se porter mutuellement secours ; les machines, employées par eux, se trouvant réduites à un moindre nombre de types, pourraient leur être livrées dans de meilleures conditions de prix et de délai ; enfin, les consommateurs jouiraient des mêmes avantages et, en outre, de la possibilité d'utiliser, dans une mesure plus large qu'actuellement, le même matériel dans leurs différentes usines.

Le moment semblerait particulièrement bien choisi, quand se posera dans les régions dévastées par l'ennemi le problème de leur remise en état par la reconstruction des immeubles et le rétablissement des usines et des réseaux de distribution, pour réaliser une telle réforme, qui constituerait un réel progrès pour le développement de l'industrie en France.

J'ai saisi de cette question le Comité d'Electricité et, conformément à son avis, j'ai décidé de prendre les mesures suivantes :

I. — *Dans les régions dévastées par l'ennemi*, on adoptera pour la reconstruction des réseaux de distribution, sous réserves des exceptions qui seront justifiées par des circonstances spéciales à examiner dans chaque cas, les caractéristiques ci-après :

Le courant normal sera le courant alternatif triphasé industriel à la fréquence de 50 p : sec, sans que cette règle générale doive être considérée comme excluant l'emploi du courant continu, qui peut fréquemment rendre de réels services, ni celui du courant alternatif simple (souvent appelé monophasé) employé pour la traction, sous des fréquences inférieures à 50, ou pour certaines distributions de peu d'étendue.

Les phases des distributions seront systématiquement conservées par les couplages semblables des primaires et des secondaires dans les transformateurs destinés à alimenter des lignes de transport ou de distribution de 2e catégorie.

Les tensions de distribution normale, au sens de l'article 9

(1) Voir *R. G. E.*, 19 janvier 1918, t. III, p. 82; 2 février 1918, t. III, p. 162; 23 février, p. 279; 27 avril, p. 602.

Digitized by Google

du cahier des charges type des concessions *seront les suivantes* :

115 — 200 — 500 — 1 000 — 3 000 — 5 500 — 10 000 — 15 000 v.

En cas d'emploi de courant continu, la tension de 200 v sera remplacée par celle de 230 et la tension de 500 v par celle de 460.

En cas d'emploi de courant simple ou alternatif, la tension de 200 v sera remplacée par celle de 230 et les tensions de 500 et 1 000 v seront supprimées.

Les tensions normales de transport, définies comme étant les tensions moyennes au départ de la ligne de transport, *seront les suivantes* :

45 000 — 60 000 — 75 000 — 90 000 — 120 000 v.

Au fur et à mesure du retour de ces régions à l'état normal, les distributeurs y seront autorisés à user en outre des autres tensions qui vont être énumérées pour le reste de la France.

II. — Si l'uniformisation peut être aisément réalisée dans les régions récupérées sur l'ennemi, elle est également désirable, dans la mesure du possible, pour le reste de la France.

Pour les concessions futures, il est possible, sous les réserves qui vont être indiquées, d'y parvenir par interprétation des notes qui se rapportent aux articles 8 et 9 du cahier des charges type des concessions ; il est aisé, en effet, de remplacer dans les notes de l'article 9, les tensions qui sont indiquées comme étant les plus habituelles par celles dont la liste va être donnée, et de ne recommander que la fréquence 50, sous réserve des cas particuliers qui en nécessiteraient une différente, et dans la note de l'article 8, de recommander le courant triphasé dans tous les cas où un autre type n'est pas nécessaire.

Mais il importe de bien préciser dans quels cas de semblables recommandations, qui vont au delà des prescriptions actuelles du cahier des charges type, peuvent être effectuées.

Les distributions d'énergie existantes sont, en effet, des organismes vivants, pour la plupart en pleine croissance, qui doivent normalement desservir un périmètre plus étendu que leur périmètre actuel. Non seulement on ne saurait imposer à ces distributions aucune modification des données du courant qu'elles emploient actuellement, mais il est indispensable que les nouvelles concessions qu'auront à demander ces distributions, soit pour desservir des communes, non encore alimentées dans l'intérieur de leur périmètre, soit pour desservir des communes situées en dehors de leur périmètre, mais faisant partie de leur zone d'extension normale, ne soient pas assujetties à des conditions de nature de courant, de fréquence ou de tension différentes de celles dont elles font usage dès à présent. Des exigences de cette nature pourraient, en effet, avoir pour résultat de priver les populations d'alimentation en énergie électrique par suite des difficultés que rencontrerait le plus souvent la distribution existante à modifier les caractéristiques de son courant pour une partie de son réseau.

La situation est la même en ce qui concerne le renouvellement de concessions arrivées à expiration.

Ce n'est qu'aux demandes futures de concessions restant complètement en dehors des cas ainsi définis que s'appliqueront les indications suivantes :

III. — *Pour ces concessions réellement nouvelles*, on adoptera de préférence *le courant alternatif triphasé industriel à la fréquence de 50 p : sec*, sous les réserves déjà précisées au paragraphe premier ci-dessus. Il y a lieu de noter, en outre, que les cas de dérogation se présenteront plus fréquemment ici que pour les régions dévastées par l'ennemi ; les demandes de dérogation devront être examinées avec le plus grand soin et, en cas de rejet, l'intéressé conservera toujours la faculté de soumettre le cas au ministre qui statuera après avis du Comité d'Electricité.

De même que pour les régions à reconstituer, cette règle générale *ne doit pas être considérée comme excluant l'emploi du courant continu ni celui du courant alternatif simple* (§ Ier).

Les phases des distributions seront systématiquement conservées par les couplages semblables des primaires et des secondaires dans les transformateurs destinés à alimenter des lignes de transport ou de distribution de 2e catégorie.

Les tensions de distribution normales, au sens de l'article 9 du cahier des charges type des concessions seront, *de préférence* les suivantes :

115, 230 et 460 v pour le courant continu ;

115 et 230 v pour le courant alternatif simple ;

115, 200, 500 et 1000 v pour le courant triphasé, en ce qui concerne les tensions *jusqu'à 1000 v* ;

3000, 5500, 10000, 13500, 15000 et 22000 v pour les tensions de distribution *au-dessus de 1000 v*.

Les tensions de transport définies comme étant les tensions moyennes au départ de la ligne de transport seront *de préférence* les suivantes :

30000, 45000, 60000, 75000, 90000 et 120000 v

Telles sont les principales dispositions qu'il y a lieu d'adopter dès à présent pour réaliser, dans la mesure du possible, un effort d'unification qui présente le plus vif intérêt, mais qui ne peut aboutir, dans l'état actuel de la réglementation, que par un usage judicieux de la persuasion et une compréhension approfondie des nécessités de la distribution. En particulier, il est des plus difficiles d'attribuer une définition précise aux tensions de transport, pour lesquelles, dès qu'il s'agit de lignes un peu longues, une très grande marge de variation au-dessus et au-dessous de la moyenne est indispensable.

Les questions d'appréciation joueront, en conséquence, un rôle important dans l'application des prescriptions de la présente circulaire ; je compte sur le discernement des fonctionnaires du contrôle pour obtenir de cette application les résultats désirables.

La consommation d'énergie électrique de l'agglomération parisienne. — Dans une reproduction donnée dans le numéro de la « R. G. E. » du 20 avril, t. III, p. 586, d'une note parue dans le journal suisse « Elektroindustrie » relative à l'acquisition par le gouvernement allemand de l'usine électrique de Bitterfeld de l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, il est dit (p. 586, 2e col.) que cette usine a vendu l'an dernier 300 000 000 kw-h, soit *trois fois plus que tout Paris n'en consomme*.

Un de nos lecteurs, industriel parisien, nous signale que cette remarque est tout à fait erronée, la consommation d'énergie électrique de la région parisienne en 1917 étant, d'après des relevés exacts, de 800 000 000 kw-h, soit 2,7 fois la production de l'usine de Bitterfeld.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Note sur une nouvelle solution du problème de la régulation des groupes électrogènes

Les auteurs commencent par rapeler dans quelles conditions s'effectue généralement le réglage des groupes électrogènes à turbines hydrauliques. Les régulateurs employés sont nécessairement des régulateurs indirects pourvus de servo-moteurs. L'action des servo-moteurs et, par conséquent, la loi de manœuvre de la vanne peuvent être envisagées sous divers points de vue. La vanne peut être manœuvrée à vitesse constante, ou presque; elle est, dans ce cas, aveugle en quelque sorte. Les lois de manœuvre peuvent être plus compliquées et plus sensibles, par exemple, on peut s'efforcer de réaliser, ce qui a été fait du reste par l'un des auteurs du travail, une loi de manœuvre de la vanne à vitesse proportionnelle à l'écart des couples ou, ce qui revient au même, à l'accélération angulaire du groupe ou encore proportionnelle à l'écart de la vitesse instantanée par rapport à la vitesse de régime. Chacune de ces solutions, en réalité intéressante, est incomplète. Les auteurs ont essayé de réaliser les avantages de ces deux dernières en en excluant les défauts, au moyen de leur nouveau régulateur mixte, c'est-à-dire en prenant, suivant un mode très ingénieux, comme critériums de fonctionnement et l'écart de vitesse et l'accélération angulaire dans un rapport variable à volonté, ce qui permet d'adapter l'appareil à chaque besoin particulier. Pour montrer à quel point la solution proposée, si elle est de principe assez complexe, se prête néanmoins bien aux besoins de la pratique, les auteurs donnent comme exemple numérique un projet complet de régulation d'un groupe électrogène à turbines Pelton pourvu du nouveau dispositif.

I. — Considérations générales sur les diverses solutions du problème de la régulation indirecte. Principe de la nouvelle solution.

Lorsqu'on étudie, dans les nombreux travaux publiés sur la question, l'important problème de la régulation indirecte des groupes électrogènes actionnés par des turbines hydrauliques, on constate que les solutions employées actuellement dérivent toutes d'une façon plus ou moins directe des principes exposés en 1885 par M. Léauté dans son « Mémoire sur les oscillations de vitesse à longues périodes dans les machines actionnées par des moteurs hydrauliques et sur les moyens de prévenir ces oscillations ».

La conclusion à laquelle arrivait M. Léauté est que : pour rendre le fonctionnement d'un régulateur indirect satisfaisant, il faut avancer l'instant de débrayage du servo-moteur de vannage afin d'amortir les oscillations à longues périodes.

Ce principe a été réalisé de diverses manières, les solutions auxquelles les constructeurs ont été conduits ne différant entre elles que par la façon dont est obtenue cette avance du débrayage.

Dans certains régulateurs, le régulateur Neyret-Brenier et le régulateur électrique Boutin pour n'en citer que deux des plus connus, cette préoccupation d'avancer le débrayage est manifeste, un organe spécial est chargé d'obtenir ce résultat.

Dans d'autres systèmes, les régulateurs indirects à asservissement, les constructeurs ont cherché à reproduire la régulation directe en liant le vannage au manchon par un servo-moteur asservi. Tant qu'on envisage le fonctionnement indépendamment du temps, il y a en effet une liaison entre le vannage et le manchon du tachymètre, mais au cours d'une perturbation cette liaison n'est plus observée, car la vitesse de manœuvre du vannage est trop faible, elle est limitée en effet par les dimensions des organes à conduire et par l'inertie de l'eau dans la conduite.

Le vannage ne peut suivre le régulateur et celui-ci intervient seulement pour embrayer ou débrayer le servo-moteur de vannage, et le mécanisme d'asservissement joue au cours de la perturbation le rôle d'amortisseur des oscillations à longues périodes.

Le principe des régulateurs actuels étant l'amortissement des oscillations de vitesse à longues périodes, on conçoit que, suivant le degré de perfection du régulateur, les oscillations sont amorties plus ou moins rapidement, mais il y a toujours des oscillations de vitesse et le réglage se fait par approximations successives.

On peut se demander s'il n'est pas possible de résoudre le problème d'une autre façon, et partant de cette idée, nous avons été amenés à imaginer un régulateur de vitesse basé sur un principe très sensiblement différent.

Faisant abstraction systématiquement de l'état actuel du problème du régulateur de vitesse à action indirecte, nous nous sommes posé la question sous la forme suivante :

Supposons qu'au lieu d'employer un régulateur auto-

Digitized by Google

matique on charge un agent, manœuvrant le vannage, soit à la main, soit à l'aide d'un servo-moteur, d'assurer le fonctionnement régulier de la machine.

Étudions quelles sont les manœuvres que cet agent, instruit par l'expérience, serait amené à faire pour obtenir le réglage le plus satisfaisant.

Cherchons ensuite à combiner un appareil automatique susceptible de réaliser les mêmes manœuvres que cet agent intelligent.

A. — **Réglage en prenant comme critérium la vitesse.** — L'état de régime du groupe étant caractérisé par une vitesse constante, la première idée qui viendra à notre agent chargé de maintenir cet état de régime sera de se fier à la vitesse pour manœuvrer le vannage.

Il fermera le vannage quand la vitesse sera trop grande, et l'ouvrira quand la vitesse sera trop faible.

Il ne tardera pas à s'apercevoir que cette méthode qui semble à première vue excellente, donne de très mauvais résultats. Les inconvénients de cette méthode, de réglage sont bien connus de tous ceux qui ont étudié quelque peu les questions de régulation de vitesse, ils ont du reste fait l'objet du mémoire précité de M. Léauté; aussi nous ne les rappellerons que très brièvement.

En A (fig. 1), le couple résistant diminue brusquement, la

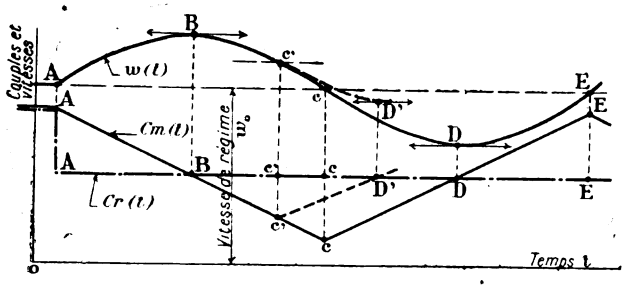


Fig. 1.

vitesse augmente, l'agent intervient et ferme le vannage, ce qui diminue l'écart des couples.

En B, les couples sont devenus égaux, mais la vitesse étant encore trop grande, l'agent qui considère seulement l'écart de vitesse continue à fermer.

En C, la vitesse est redevenue normale, l'agent cesse de fermer le vannage, mais il doit aussitôt commencer à ouvrir, car le couple moteur étant trop faible, la vitesse diminue et devient inférieure à la normale.

En D, les couples sont de nouveau égaux, mais la vitesse étant trop petite, l'agent continue à ouvrir.

En E, le groupe se trouve ramené exactement au même état qu'en A et les mêmes phénomènes se reproduisent indéfiniment.

Placé ainsi dans la nécessité de modifier sa méthode de réglage, notre agent aura le choix entre deux solutions :

1° Considérant que le principe de cette première méthode semble bon, il cherchera à perfectionner cette méthode. Il constatera entre autres choses qu'en avançant l'instant du débrayage (en débrayant en C' au lieu de C) il amortit les oscillations de vitesse et peut arriver à un réglage acceptable.

Engagé dans cette voie, il se trouverait conduit aux conclusions formulées par M. Léauté et serait amené, lorsqu'il voudrait réaliser un régulateur automatique capable de le remplacer, à un appareil se rattachant aux types de régulateurs actuellement en usage.

2° Il pourra aussi modifier complètement sa méthode de réglage. S'il étudie les causes d'insuccès de sa première méthode, il constatera qu'en voulant régler les vitesses, il dérègle les couples et comme l'égalité des couples moteur et résistant est un élément caractéristique de l'état de régime uniforme au même titre que la réalisation d'une vitesse uniforme, il pourra se proposer de manœuvrer le vannage en tenant compte de l'écart des couples ou, ce qui revient au même, de l'accélération qui lui est liée par la relation

$$C_m - C_r = K \frac{d\omega}{dt}.$$

B. — **Réglage en prenant comme critérium l'accélération.** — En partant du principe ci-dessus, notre agent sera conduit à fermer le vannage quand la vitesse augmente et à l'ouvrir quand elle diminue.

Il constatera par l'expérience que cette méthode a l'avantage de réaliser très rapidement un régime uniforme, mais que la vitesse correspondant à ce régime est absolument indéterminée (fig. 2).

Comme notre agent ne tient compte que du sens de

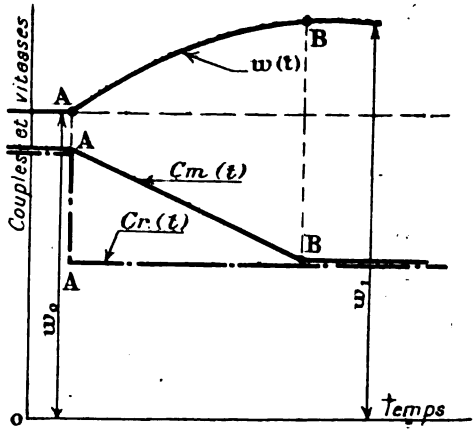


Fig. 2.

variation de la vitesse et non de sa valeur, il lui est impossible de réaliser une vitesse constante.

Constatant ainsi l'insuccès de sa seconde méthode, notre agent sera conduit aux conclusions suivantes :

La première méthode qui s'occupe uniquement de la vitesse produit un déréglage des couples; la deuxième méthode qui s'occupe uniquement de l'écart des couples produit un déréglage de la vitesse.

Comme les qualités de chaque méthode sont susceptibles de compenser les défauts de l'autre, notre agent

Digitized by Google

sera logiquement amené à essayer une méthode mixte dans laquelle, pour décider s'il doit ouvrir ou fermer le vannage, il tiendra compte à la fois de l'écart de vitesse et de l'écart des couples.

C. — **Réglage en prenant un critérium mixte.** — En étudiant tous les états dans lesquels le groupe peut se trouver, notre agent verra qu'il peut les classer tous dans quatre cas figurés graphiquement par la figure 3.

Dans le premier et le deuxième cas, il n'y a pas d'incertitude; dans le premier cas, la vitesse est trop grande

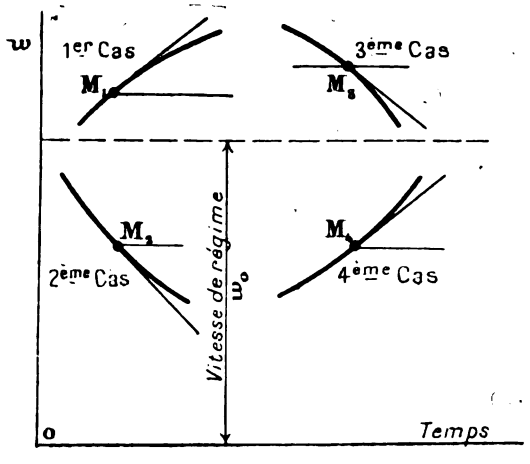


Fig. 3.

et augmente, il faut donc fermer le vannage; dans le second cas, la vitesse est trop faible et diminue, il faut donc ouvrir.

Dans le troisième et quatrième cas, notre agent sera plus embarrassé; considérons, pour fixer les idées, le troisième cas. Les mêmes conclusions s'appliqueront au signe près au quatrième cas.

La vitesse est trop grande, mais elle diminue; s'il considère l'écart de vitesse, notre agent sera tenté de fermer; s'il considère l'accélération, il sera tenté d'ouvrir. Sollicité ainsi par deux conclusions contraires, il préférera vraisemblablement s'abstenir de toute manœuvre et observer ce qui se passe.

Il constatera ainsi que trois cas peuvent se présenter.

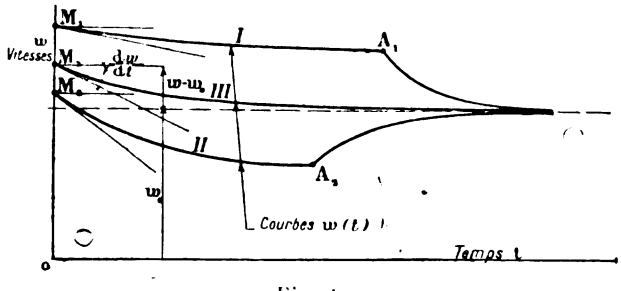


Fig. 4.

α) Si l'écart de vitesse est grand et l'accélération faible (fig. 4, courbe I), il constatera qu'en ne touchant pas le vannage, la vitesse diminue et finit par atteindre une valeur uniforme supérieure à la vitesse de régime ω_0. Il sera donc conduit à faire en A_1 une correction légère et à fermer le vannage pour revenir à la vitesse ω_0.

Au point de vue de la rapidité de réglage, il serait préférable de faire cette manœuvre dès le début, en M_1 au lieu de A.

β) Si l'écart de vitesse est faible et l'accélération grande (fig. 4, courbe II), notre agent constatera qu'en ne touchant pas le vannage, la vitesse diminue jusqu'à atteindre une valeur uniforme inférieure à la vitesse de régime et qu'il faut faire en A_2 une légère correction et ouvrir le vannage pour revenir à la vitesse ω_0.

γ) Enfin, il peut arriver (fig. 4, courbe III), si l'écart de vitesse et l'accélération ont des valeurs convenables l'un par rapport à l'autre, qu'en ne touchant pas le vannage, la vitesse revienne exactement à sa valeur de régime, auquel cas notre agent aura été bien inspiré en n'intervenant pas.

Pour utiliser ces remarques notre agent se procurera donc un détecteur d'écart de vitesse et un détecteur d'accélération, et de la comparaison des indications de ces deux appareils, il déduira la manœuvre à faire.

Si l'écart de vitesse est très grand par rapport à l'accélération, c'est lui qu'il faut considérer et dans le troisième cas de la figure 3, on doit fermer.

Si l'accélération est très grande par rapport à l'écart de vitesse, c'est elle qu'il faut considérer et toujours dans le troisième cas, il faut ouvrir .

Enfin, si l'écart de vitesse et l'accélération sont dans un certain rapport que l'expérience lui indiquera, notre agent n'aura pas à intervenir.

On remarquera qu'en toute rigueur, on ne peut considérer le rapport d'un écart de vitesse à une accélération, ces deux quantités n'étant pas de même nature, mais nous continuerons à employer, pour simplifier, cette expression sous cette réserve qu'elle représente pour nous le rapport des indications des deux détecteurs d'écart de vitesse et d'accélération.

PERFECTIONNEMENT DE LA TROISIÈME MÉTHODE DE RÉGLAGE. — Cette troisième méthode de réglage sera d'une application assez délicate. Notre agent devra estimer l'importance relative de l'écart de vitesse et de l'accélération; dans les débuts il se contentera peut-être de faire cette estimation au jugé en se basant sur l'expérience, mais il sera vite amené à rechercher un moyen d'appréciation plus scientifique. La considération des caractéristiques mécanique du couple moteur et du couple résistant en fonction de la vitesse lui fournira ce moyen.

Pour une admission donnée la courbe C_m (ω) est une courbe tombante quand la vitesse augmente. On a ainsi une famille de courbes C_m (ω) ayant pour paramètre l'admission e (fig. 5).

Pour une valeur donnée de la charge de la machine réceptrice, on peut tracer une courbe C_r(ω); cette courbe est montante quand la vitesse croît. On a ainsi une autre famille de courbes C_r ω) ayant pour paramètre

Digitized by Google

dans le cas d'un groupe électrogène) la résistance apparente R du réseau.

On obtient ainsi deux groupes de courbes caractérisant les propriétés du couple moteur et du couple résistant en fonction de la vitesse. Ce graphique, dont nous ne saurions trop souligner l'importance, sera d'une grande utilité pour notre agent.

Connaissant la position du vannage, il pourra tracer la caractéristique C_m (ω) correspondante (figure 6). Connaissant la vitesse, il pourra tracer l'ordonnée correspondante, ce qui lui donnera le point A figuratif du couple moteur.

L'accélération qu'il connaît également lui donnera l'écart des couples $C_m - C_r = K\frac{d\omega}{dt}$, qui, porté du point A, lui donnera le point B figuratif du couple résistant.

Se reportant au graphique de la figure 5, il pourra

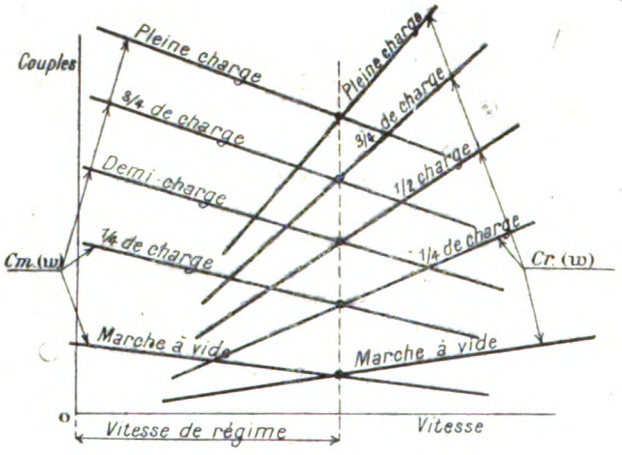


Fig. 5.

tracer la courbe C_r (ω) qui passe par B et qui correspond à l'état actuel de charge du réseau.

Connaissant cette caractéristique C_r (ω), il aura, en considérant le point M_1 où elle coupe l'ordonnée de la vitesse de régime ω_0, la valeur de l'admission correspondant au nouveau régime à réaliser, et il en déduira immédiatement s'il doit fermer ou ouvrir ; dans le cas de la figure 6 par exemple, il doit fermer le vannage jusqu'à réaliser l'admission e_0 pour laquelle la courbe C_m (ω) passe par le point M.

Cette méthode d'appréciation, tout à fait rationnelle, exigerait une série d'opérations assez longues ; aussi, notre agent chercherait-il à la modifier et pour qu'elle lui fournisse un résultat immédiat, il opérerait de la façon suivante :

La connaissance de l'admission permet de tracer la courbe C_m (ω) correspondante et d'obtenir le point M (fig. 7).

On peut tracer la caractéristique C_r (ω) passant par ce point (notons que ce n'est pas forcément celle correspondant à l'état de charge du réseau).

En déterminant comme précédemment les points A et B figuratifs du couple moteur et du couple résistant, il peut se présenter trois cas :

1° Le point B tombe en B_2 sur la caractéristique C_r (ω) passant par M ; le rapport

$$\frac{\text{écart des couples}}{\text{écart de vitesse}} = \frac{A\,B_2}{\omega - \omega_0} = \operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi.$$

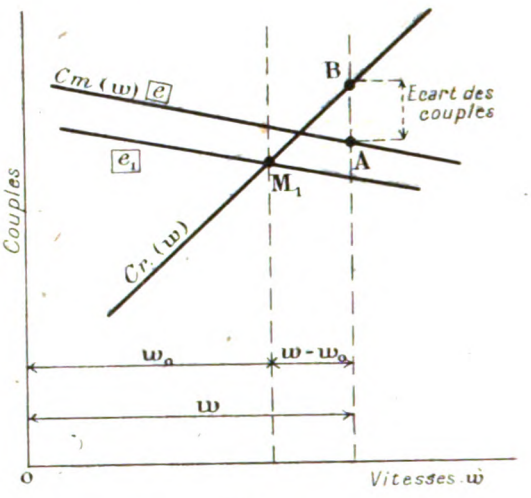


Fig. 6.

Il n'y a pas à toucher le vannage, car automatiquement la vitesse diminuera, les points A et B_2 se rapprocheront pour venir se confondre en M et la vitesse de régime ω_0 se trouvera réalisée.

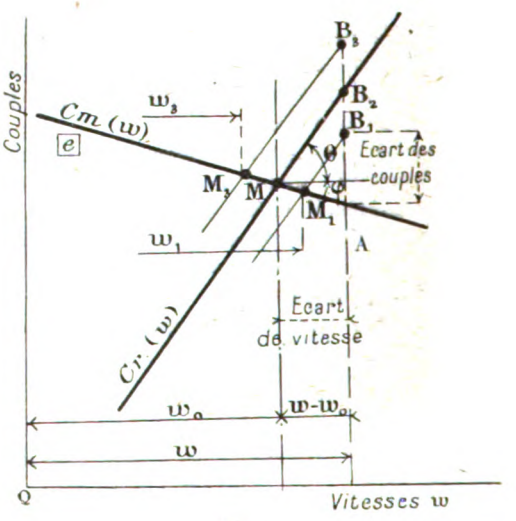


Fig. 7.

2° Le point B tombe en B_1 au-dessous de B_2, le rapport $\frac{\text{écart des couples}}{\text{écart de vitesse}}$ est *inférieur* à tg θ + tg φ. Si on ne touche pas le vannage, la vitesse diminuera jusqu'à ce qu'un régime uniforme soit atteint en M_1 avec une vi-

Digitized by Google

tesse ω_1 trop forte ; il faut donc, dans ce cas, *fermer* le vannage.

3° Le point B tombe en B_3 au-dessus de B_2, le rapport $\frac{\text{écart des couples}}{\text{écart de vitesse}}$ est *supérieur* à $\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi$. Si l'on ne touche pas au vannage, le nouveau régime s'établit en M_3 avec une vitesse ω trop faible. Dans ce cas, il faut donc *ouvrir* le vannage.

En vue d'une application facile, notre agent conduira son calcul de la façon suivante : pour chaque position du vannage, il calculera à l'aide du graphique caractéristique du groupe (fig. 5) la valeur de $\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi$, valeur bien déterminée pour chaque valeur de l'admission.

Un dispositif simple pourrait lui permettre de lire directement le rapport des indications du détecteur d'accélération et du détecteur d'écart de vitesse, c'est-à-dire avec une graduation convenable le rapport $\frac{\text{écart des couples}}{\text{écart de vitesse}}$.

Lorsque ce rapport est supérieur à $\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi$, c'est que l'écart des couples est trop fort ; il faut donc fermer si la vitesse augmente, et ouvrir si la vitesse diminue.

Lorsque ce rapport est égal à $\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi$, il n'y a pas lieu de manœuvrer le vannage.

Lorsque ce rapport est inférieur à $\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi$, c'est que l'écart des couples est trop faible ; il faut donc ouvrir si la vitesse augmente et fermer si la vitesse diminue.

En résumé, au cours d'une perturbation, notre agent devra actionner le vannage jusqu'à ce que le rapport $\frac{\text{écart des couples}}{\text{écart de vitesse}}$ soit égal à $\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi$ (cette dernière quantité se modifiant du reste avec l'admission). Quand cette égalité est réalisée, il devra s'arrêter, la vitesse reviendra d'elle-même à sa valeur de régime.

Réalisation d'un régulateur automatique effectuant les manœuvres auxquelles a conduit l'étude précédente. — Le mécanisme, que nous avons été amenés à combiner à la suite de l'étude précédente comprend (fig. 8) :

1° Un détecteur d'écart de vitesse assurat au point A un déplacement proportionnel à l'écart de vitesse $\omega - \omega_0$;

2° Un détecteur d'accélération assurant au point B un déplacement proportionnel à $\frac{d\omega}{dt}$;

3° Un point C, dont la position entre A et B est liée à l'ouverture du vannage et commande les relais du servo-moteur. Quand C est au-dessus de sa position moyenne, il y a embrayage à la fermeture ; quand C est au-dessous de sa position moyenne, il y a embrayage à l'ouverture.

La liaison de la position du point C à celle du vannage est effectuée de telle sorte que, pour chaque position du vannage, le rapport $\frac{CB}{CA}$ corresponde à la valeur de $\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi$ de la figure 7, calculée pour cette position du vannage.

Un tel mécanisme réalise bien les conclusions de l'étude qui précède ; en effet, si le rapport $\frac{\text{écart des couples}}{\text{écart de vitesse}}$ est égal à $\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi$, donc à $\frac{CB}{CA}$, le point C se trouve à sa position moyenne et le servo-moteur est immobilisé.

Si le rapport $\frac{\text{écart des couples}}{\text{écart de vitesse}}$ est supérieure à $\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi$, c'est que le déplacement de B l'emporte sur celui de A ; le déplacement vertical de C par rapport à sa position moyenne est donc de même sens que celui de B.

Si B est abaissé (vitesse décroissante), il y a ouverture, si B est soulevé (vitesse croissante), il y a fermeture.

Si le rapport $\frac{\text{écart des couples}}{\text{écart de vitesse}}$ est inférieur à $\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi$, c'est que le déplacement de A l'emporte sur celui de B

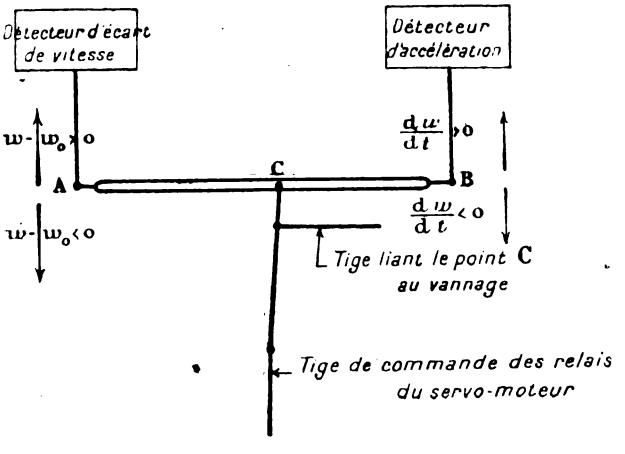


Fig. 8.

et le déplacement de C est de sens inverse de celui de B. Par suite :

Si B est abaissé (vitesse décroissante), C est soulevé et il y a fermeture ; si B est soulevé (vitesse croissante) C est abaissé et il y a ouverture.

Ces manœuvres concordent parfaitement avec nos conclusions précédentes.

En résumé, le régulateur que nous décrivons commande le servo-moteur de vannage simultanément par les deux éléments écart de vitesse et accélération, l'importance relative attribuée à chacun de ces éléments étant réglée d'après la position du vannage suivant une loi dont nous venons d'étudier le principe.

On peut par ce qui précède prévoir que ce régulateur possède des propriétés très intéressantes. Nous allons maintenant étudier d'une façon plus approfondie son fonctionnement.

Digitized by Google

II. — Etudes théoriques sur le fonctionnement du nouveau régulateur.

Avant d'aborder l'étude de la perturbation, établissons une définition qui nous sera utile.

Considérons au cours de la perturbation un instant pour lequel la vitesse est ω et l'admission e. Pour cette admission, nous avons une caractéristique Δ de C_m (ω) (fig. 9).

Nous avons aussi le point M, figuratif du couple moteur au cours de la perturbation.

Traçons, d'autre part, la caractéristique Γ_1 de C_r (ω) du couple résistant correspondant à l'état de charge du

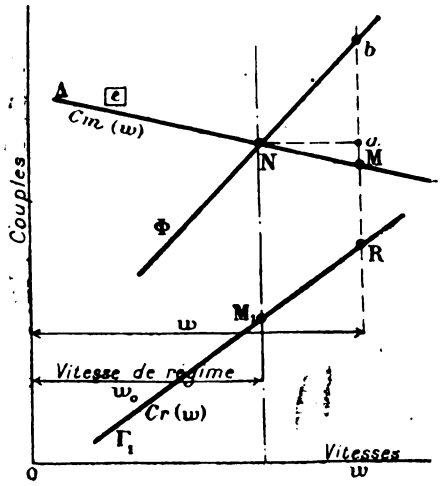


Fig. 9.

réseau à l'instant considéré. Nous avons ainsi en R le point figuratif du couple résistant.

Pour la valeur e de l'admission, le point C (fig. 8) occupe une position bien déterminée entre A et B; cette position détermine une valeur du rapport $\frac{\text{accélération}}{\text{écart de vitesse}}$ égale à $\frac{CB}{CA}$ pour laquelle le point C est ramené à sa position moyenne et le servo-moteur est stoppé.

Traçons par le point N (fig. 9) une droite Φ telle que le rapport $\frac{Mb}{Na}$ soit égal à $\frac{K \times CB}{CA}$.

Nous appellerons cette droite Φ *caractéristique de débrayage* correspondant à l'admission e; lorsqu'au cours de la perturbation, le point R figuratif du couple résistant se trouvera sur Φ, le rapport $\frac{\text{écart des couples}}{\text{écart de vitesse}}$ sera égal à $\frac{Mb}{Na}$, donc à $K \times \frac{CB}{CA}$ et comme l'écart des couples $= K \times$ accélération, le rapport $\frac{\text{accélération}}{\text{écart de vitesse}}$ sera égal à $\frac{CB}{CA}$, le point C de la figure 8 sera ramené à sa position moyenne et le servo-moteur sera débrayé.

La caractéristique de débrayage Φ ne représente rien de réel, c'est une simple ligne de repère tracée sur le plan du graphique couples-vitesses; elle matérialise pour ainsi dire l'influence de la position du point C entre A et B (fig. 8) et nous permettra de tenir compte facilement du changement de cette position au cours de la perturbation.

Nous avons indiqué précédemment que la position correcte du vannage pour une admission déterminée doit être telle que

$$\frac{CB}{CA} = \frac{1}{K}(\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi) \text{ (fig. 7)},$$

il en résulte que, si la liaison du point C au vannage est correcte, on a

$$\frac{1}{K}(\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi) = \frac{CB}{CA} = \frac{1}{K}\frac{Mb}{Na},$$

ou

$$\frac{Mb}{Na} = \operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi,$$

d'où il s'ensuit que la caractéristique de débrayage Φ se superpose, du moins dans la région où on l'emploie, à la caractéristique Γ de couple résistant qui passe par le point N.

Si la liaison du point C au vannage est mal établie et ne correspond pas à la condition ci-dessus, la caractéristique Φ s'écarte plus ou moins de Γ, mais ses propriétés en tant que caractéristique de débrayage restent les mêmes.

Propriétés de la caractéristique de débrayage Φ.— Pour une admission donnée e, les caractéristiques Δ de couple moteur et Φ de débrayage et l'ordonnée de la vitesse de régime ω_0 divisent le plan du graphique couples-vitesses en six régions.

Etudions successivement ce qui se passe quand le

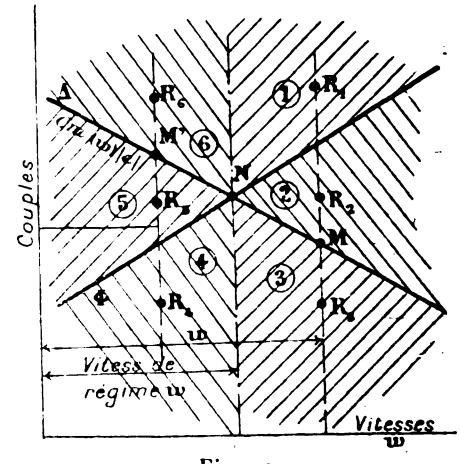


Fig. 10.

point R figuratif du couple résistant se trouve dans chacune de ces six régions (fig. 10).

Région 1. — L'écart de vitesse est positif, donc le

Digitized by Google

point A (fig. 8) est soulevé. C_r est plus grand que C_m l'accélération est donc négative et le point B est abaissé. La différence des couples MR_1 est grande, donc l'accélération l'emporte sur l'écart de vitesse et le point C est abaissé comme B; il y a *ouverture*.

Région 2. — L'écart de vitesse est positif, le point A est soulevé, $C_r < C_m$, donc la vitesse diminue et le point B est abaissé. L'écart des couples MR_2 est faible, donc c'est l'écart de vitesse qui l'emporte sur l'accélération et le point C est soulevé comme A; il y a *fermeture*.

Remarquons que, lorsque le point R se trouve sur la ligne Φ qui sépare les régions 1 et 2, il y a *débrayage*.

Région 3. — L'écart de vitesse est positif, $C_m > C_r$, donc l'accélération est positive, les points A et B sont soulevés, C aussi par conséquent et il y a *fermeture*.

Région 4. — L'écart de vitesse est négatif, A est abaissé $C_m > C_r$ donc l'accélération est positive et B est soulevé, l'écart des couples $M'R_4$ est grand, donc B l'emporte sur A, et C est soulevé comme B; il y a *fermeture*.

Région 5. — L'écart de vitesse est négatif, A est abaissé, $C_m > C_r$ l'accélération est positive et B est soulevé; l'écart des couples $M'R_5$ est faible, donc A l'emporte sur B, et C est abaissé comme A; il y a *ouverture*.

Remarquons encore que, lorsque R est sur la ligne Φ qui sépare les deux régions 4 et 5, il y a débrayage.

Région 6. — L'écart de vitesse est négatif, l'accélération est négative, car $C_r > C_m$, donc les points A et B sont abaissés, C aussi par conséquent, et il y a *ouverture*.

Donc :

Si R est au-dessus de Φ, il y a ouverture du vannage.

Si R est sur Φ, il y a débrayage.

Si R est au dessous de Φ, il y a fermeture du vannage.

Etude de la perturbation. — CAS D'UNE BAISSE DE CHARGE. — Nous étudierons d'abord la perturbation en supposant que la liaison de C au vannage a été établie correctement, c'est-à-dire que nous supposerons que la caractéristique Φ de débrayage, pour une admission donnée, se superpose à la caractéristique Γ du couple résistant correspondant à la vitesse de régime ω_0 pour cette admission.

Nous étudierons plus loin ce qui se passe si cette superposition n'existe pas, par suite d'une liaison incorrecte du point C au vannage.

Soit donc (fig. 11) un état initial de régime caractérisé par le point M_0, les caractéristiques Δ_0 et Γ_0 de $C_m(\omega)$ et $C_r(\omega)$.

La charge du réseau diminue brusquement, Γ_0 est remplacé par Γ_8, la vitesse augmente, l'accélération est positive, les points A et B sont soulevés, le point C aussi et il y a fermeture.

On remarquera en passant que le déplacement de A est assez faible au début, tandis que celui de B est très grand, puisque l'accélération est maximum au début de la perturbation. L'embrayage sera donc plus rapide que dans un régulateur indirect ordinaire où il est provoqué seulement par l'écart de vitesse.

La vitesse augmente et en même temps le vannage se ferme. A la caractéristique initiale Δ_0 du couple moteur

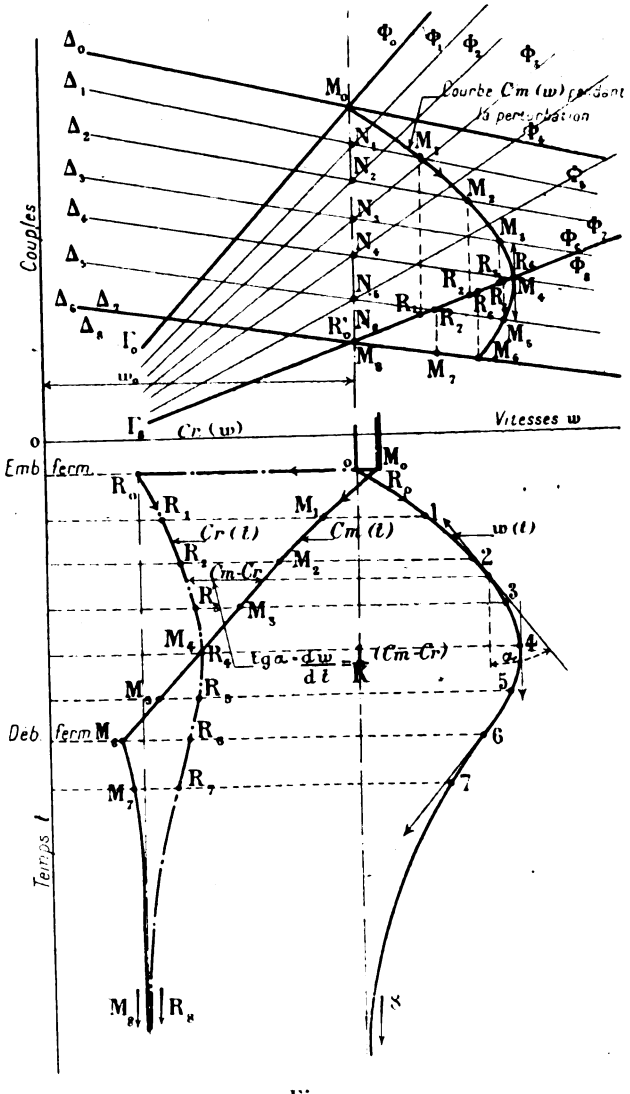


Fig. 11.

se substituent successivement des caractéristiques Δ_1, Δ_2, Δ_3.....

Le point M figuratif du couple moteur décrit une courbe qui peut se tracer par points (1), connaissant la loi de manœuvre du vannage et l'inertie du groupe.

Pour chacune des caractéristiques Δ_1, Δ_2, Δ_3..., nous pouvons tracer une caractéristique de débrayage Φ_1, Φ_2, Φ_3...; la caractéristique de débrayage Φ descend au cours de la fermeture du vannage; quand elle atteint le

(1) Voir à ce sujet la méthode exposée par l'un de nous, dans l'ouvrage : *Groupes électrogènes en régime troublé*, chapitre VII. Gauthier-Villars, éditeur.

Digitized by Google

point R figuratif du couple résistant (ce point R se déplaçant sur Γ_8), il y a débrayage du servo-moteur.

Or, la caractéristique Φ se superpose à chaque instant à la courbe Γ de couple résistant, passant par le point N où la caractéristique Δ de couple moteur à l'instant considéré rencontre l'ordonnée de vitesse de régime ω_0.

Donc, lorsque l'admission atteindra, en M_6 par exemple, la nouvelle valeur e_8 à réaliser, Δ_6 se superposera à Δ_8, N_6 se confondra avec M_8 et Φ_6 se superposera à Γ_8, rencontrant ainsi le point R, ce qui provoquera le débrayage du servo-moteur.

Le réglage se fera donc avec la plus grande rapidité possible, puisque le servo-moteur sera débrayé rigoureusement quand la nouvelle admission à réaliser sera atteinte. On peut se demander pourtant si ce débrayage ne sera pas suivi d'un embrayage venant modifier le réglage.

Il est facile de voir qu'il n'en est rien. En effet, à partir de M_6, la vitesse diminue d'elle-même, le rapport $\frac{\text{accélération}}{\text{écart de vitesse}}$ restant constant pendant toute cette période M_6, M_7, M_8. Le point C reste donc à sa position moyenne et le servo-moteur reste stoppé.

Le régulateur actionne donc le vannage jusqu'à ce que la nouvelle admission à réaliser soit atteinte ; à ce moment précis, il débraye le servo-moteur et laisse ensuite la vitesse revenir d'elle-même à sa valeur de régime. C'est le réglage idéal.

Cas d'une hausse de charge. — La perturbation s'étudie de la même façon, le raisonnement est le même

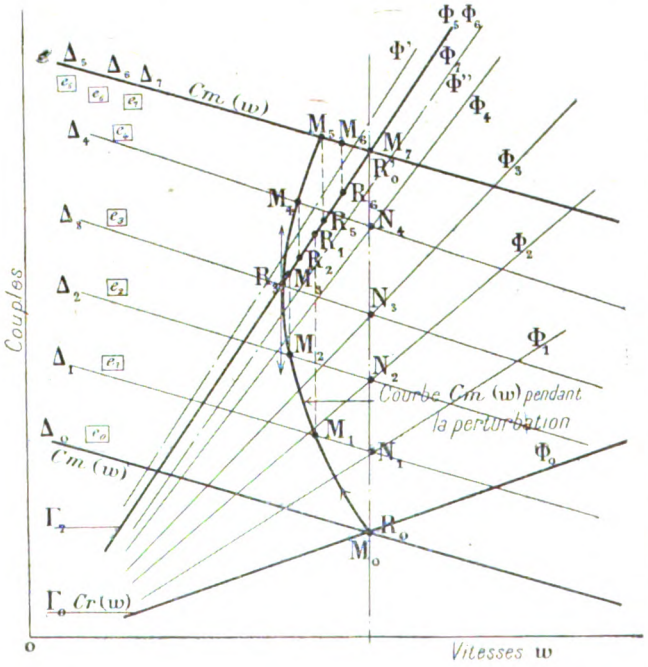


Fig. 12.

(fig. 12). Les caractéristiques Δ de $C_m(\omega)$ remontent pendant la perturbation, entraînant avec elle les caractéristiques de débrayage Φ.

Quand, en M_8, l'admission est devenue égale à la nouvelle valeur e_8 à réaliser, Δ_8 se confond avec Δ_8 et si la liaison de C au vannage est correcte, la caractéristique Φ_8 de débrayage vient se superposer à la caractéristique Γ de $C_r(\omega)$, elle atteint ainsi le point R et il y a débrayage du servo-moteur.

Le débrayage ne peut se produire ni plus tôt ni plus tard, car pour deux valeurs e' et e'' de l'admission infiniment voisines de e_7 les caractéristiques Φ' et Φ'' sont parallèles à Γ_7 et le point R ne peut se trouver sur elles.

De même que dans le cas d'une baisse de charge, après le débrayage la vitesse revient d'elle-même à sa valeur de régime sans que le servo-moteur soit embrayé de nouveau.

Fonctionnement dans les régions 1 et 4 de la figure 10. — Dans les deux cas que nous venons d'étudier, le point R figurant le couple résistant ne s'est jamais trouvé dans les régions 1 et 4 de la figure 10 et il ne doit jamais s'y trouver au cours d'une perturbation simple.

Ces régions peuvent cependant se trouver utilisées; supposons par exemple qu'après avoir réduit la charge du réseau pendant un certain temps, jusqu'en M_8 de la figure 11 par exemple, on rétablisse la charge initiale. Le point R''_8, figure 13, se trouve dans la région 1 de la figure 10, région comprise entre Φ et l'ordonnée de vitesse de régime ω_0. Étudions ce qui se passe dans ce cas.

Une première baisse de charge a provoqué une perturbation représentée sur la figure 13 par la courbe I.

En M_8 l'admission étant e_8, la charge primitive se rétablit, le régulateur doit faire repasser l'admission de la valeur e_8 à la valeur e_0.

Nous avons vu que le régulateur s'acquitte très bien de cette tâche si le point initial de la nouvelle perturbation est N_8, c'est le cas d'une hausse de charge ordinaire, courbe IV ; il reste à voir ce qui se passe si le point initial de la nouvelle perturbation est M_8 au lieu de N_8.

En M_8 l'écart de vitesse est positif, donc le point A de la figure 8 est soulevé, l'accélération est négative car $C_m - C_r = M_8 R'_8 < 0$, donc B est abaissé ; de plus, l'écart des couples étant grand, B l'emporte sur A et le point C est abaissé comme B, ce qui embraye immédiatement le servo-moteur à l'ouverture.

Le point M figuratif du couple moteur se déplace maintenant sur une courbe ayant la forme II ou III suivant les valeurs de l'inertie du groupe et de la vitesse de manœuvre du vannage. Si l'inertie et la vitesse de manœuvre sont faibles, on a la courbe II, si elles sont fortes, on a la courbe III.

Dans les deux cas l'admission augmente, la caractéristique Δ de $C_m(\omega)$ remonte, entraînant avec elle la caractéristique Φ de débrayage. Quand l'admission est redevenue $e_9 = e_0$, la caractéristique Φ se superpose à la caractéristique Γ_0 de $C_r(\omega)$ et le point R atteignant Φ_1 il

Digitized by Google

y a débrayage du servo-moteur qui n'est plus réembrayé au cours de la période M_9 M_{10} pendant laquelle la vitesse revient d'elle-même à sa valeur de régime.

Le graphique du bas de la figure 13 montre les diverses phases de la perturbation dans le cas de la courbe II qui est la moins favorable.

Le fonctionnement dans la région 4 de la figure 10 uniquement de la constitution du mécanisme d'asservissement [1].

Le régime initial M_0 Γ_0 Δ_0 (figure 14) est troublé par une baisse de charge, Γ_0 est remplacé par Γ_1, la vitesse baisse, le point M figurant le couple moteur décrit une courbe identique à la courbe I de la figure 13; si une nouvelle perturbation ne venait pas se greffer sur la

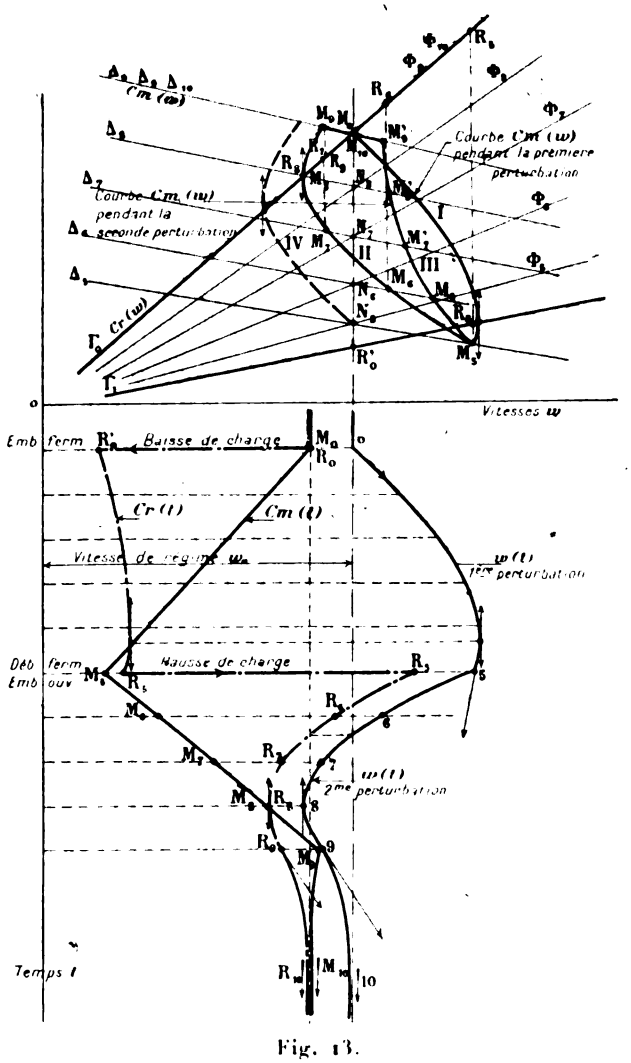


Fig. 13.

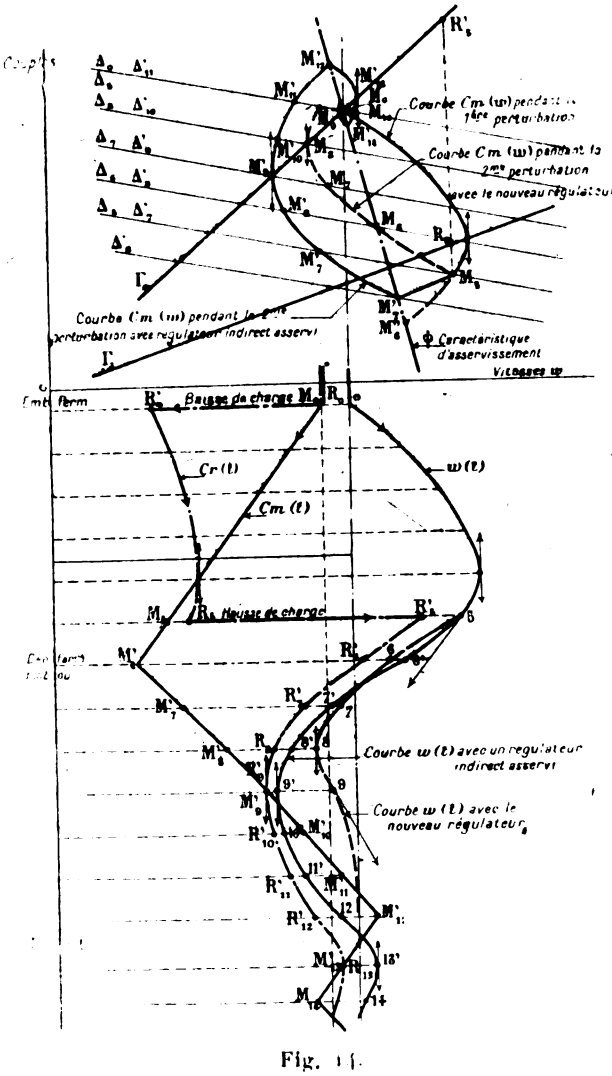


Fig. 14.

s'étudierait de la même manière et donnerait lieu aux mêmes conclusions.

FONCTIONNEMENT D'UN RÉGULATEUR INDIRECT ASSERVI DANS LA MÊME HYPOTHÈSE D'UNE PERTURBATION COMPLEXE — Dans un régulateur indirect asservi, les oscillations de vitesse sont amorties en avançant l'instant du débrayage; pour cela on modifie la vitesse critique de débrayage avec l'admission, de sorte qu'on obtient une caractéristique Ψ (figure 14), de la vitesse de débrayage en fonction de l'admission.

Cette caractéristique, dite d'asservissement, est fixe et sa position dans le graphique couples-vitesses dépend

première, cette courbe se continuerait jusqu'en M''_6 où aurait lieu le débrayage.

En M_5 on rétablit la charge initiale. Pour bien faire il faudrait immédiatement cesser de fermer et commencer à ouvrir, c'est ce que fait le nouveau régulateur mixte que nous venons d'étudier.

Au lieu de cela, le régulateur indirect asservi continue à fermer tant que M est à droite de Ψ, la vitesse diminue plus rapidement que suivant M_5 M''_6, puisque le couple résistant est en Γ_0 au lieu de Γ_1.

[1] Voir à ce sujet : *Groupes électrogènes en régime troublé*. Gauthier-Villars, éditeur.

Digitized by Google

En M'_6 il y a débrayage fermeture, et si le régulateur est infiniment sensible, il y a aussitôt embrayage à l'ouverture, le point M décrit une nouvelle courbe M'_6, M'_7, M'_8 ; en M'_{12} a lieu le débrayage.

Avec le nouveau régulateur mixte, l'ouverture commence en M_5 et, dans les mêmes conditions d'inertie et de vitesse du vannage, la courbe suivie est M_5, M_6, M_7, M_8, M_9, le débrayage a lieu en M_9 et le point M_0 est atteint directement sans nouvelle manœuvre.

Avec un régulateur indirect asservi, ce point M_0 est atteint après une série d'embrayages et de débrayages correspondant à des oscillations de vitesse.

La figure 14 représente au cours d'une perturbation complexe la comparaison à établir entre le nouveau régulateur et le régulateur indirect asservi.

Réglage plus rapide, sans oscillations et avec écart de vitesse moindre, tels sont les éléments de supériorité du nouveau système que nous décrivons.

ÉTUDE DE LA PERTURBATION DANS LE CAS D'UNE LIAISON INCORRECTE DU POINT C AU VANNAGE. THÉORIE DES PRÉPONDÉRANCES. — Dans l'étude que nous venons de faire, nous avons supposé que le point C est lié au vannage d'une façon correcte, c'est-à-dire que, pour chaque valeur de l'admission, on a la relation (fig. 7 et 8).

$$K \frac{CB}{CA} = (\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\varphi).$$

La réalisation de cette relation à l'avance présente certaines difficultés provenant de ce que l'on ne peut prévoir exactement θ et φ ; de plus, le moment d'inertie K ne doit pas, en bonne logique, comprendre que l'inertie du groupe, celle des moteurs entraînés sur le réseau doit intervenir également. Par suite, le moment d'inertie total est difficile à prévoir et peut même varier légèrement suivant le nombre des moteurs en marche sur le réseau.

Pour ces raisons, on peut faire, dans l'évaluation a priori de la position de C, une certaine erreur et placer ce point en C' ou C" au lieu de C (fig. 15), C étant la position correcte correspondant à la relation ci-dessus.

En plaçant le point C en C', nous augmentons l'effet de la levée de A, nous donnons de la *prépondérance à la vitesse*.

En plaçant le point C en C", nous donnons de la *prépondérance à l'accélération*.

Étudions l'influence de ces prépondérances.

INFLUENCE DES PRÉPONDÉRANCES SUR LA CARACTÉRISTIQUE DE DÉBRAYAGE Φ. — Pour une admission donnée e nous avons (fig. 15) une caractéristique Δ de $C_m(\omega)$; par le point N correspondant à ω_0 passe une caractéristique Γ de $C_r(\omega)$, pour une vitesse ω le couple moteur est $p\,M$, le couple résistant est $p\,R$, la position correcte de C est telle que

$$\frac{CB}{CA} = \frac{1}{K}\frac{MR}{Nn};$$

pour cette position de C, le débrayage a lieu quand le point R se trouve sur la caractéristique de débrayage Φ qui se superpose à Γ.

Si le point C est en C', il y a *prépondérance vitesse* et le débrayage a lieu (pour une même valeur de $\omega - \omega_0$) pour une accélération b B' supérieure à b B, autrement dit pour un écart des couples $M\,R = k \times b\,B'$ supérieur à $M\,R = k \times b\,B$.

La caractéristique de débrayage Φ est donc une droite passant par N et R'.

Si le point C est en C", il y a *prépondérance accélération*, le débrayage a lieu (toujours pour une même valeur de $\omega - \omega_0$) pour une accélération b B" correspondant à un écart des couples $M\,R'' = k \times b\,B''$ inférieur à M R, la caractéristique de débrayage est une droite Φ'' passant par N et R".

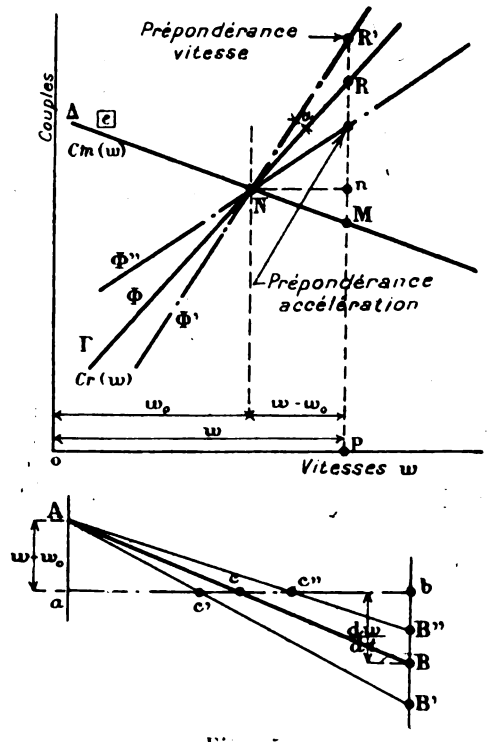


Fig. 15.

Une prépondérance a donc pour effet de décaler la caractéristique de débrayage Φ par rapport à la caractéristique Γ de $C_r(\omega)$; l'angle de décalage α caractérise l'importance de la prépondérance.

La *prépondérance vitesse* donne un décalage en sens inverse des aiguilles d'une montre.

La *prépondérance accélération* donne un décalage dans le sens des aiguilles d'une montre.

INFLUENCE D'UNE PRÉPONDÉRANCE VITESSE. CAS D'UNE HAUSSE DE CHARGE. — Le début de la perturbation est le même que si la prépondérance n'existait pas.

Quand la nouvelle admission e_1 à réaliser est atteinte, en M_3, la caractéristique de débrayage Φ_3 est décalée

Digitized by Google

sur Γ_1 (fig. 16) d'un angle α en sens inverse de celui de la rotation des aiguilles d'une montre.

Le point R_3 figuratif du couple résistant est au-dessus de Φ_3, donc il y a encore ouverture.

Le débrayage a donc lieu trop tard, ce qui se conçoit,

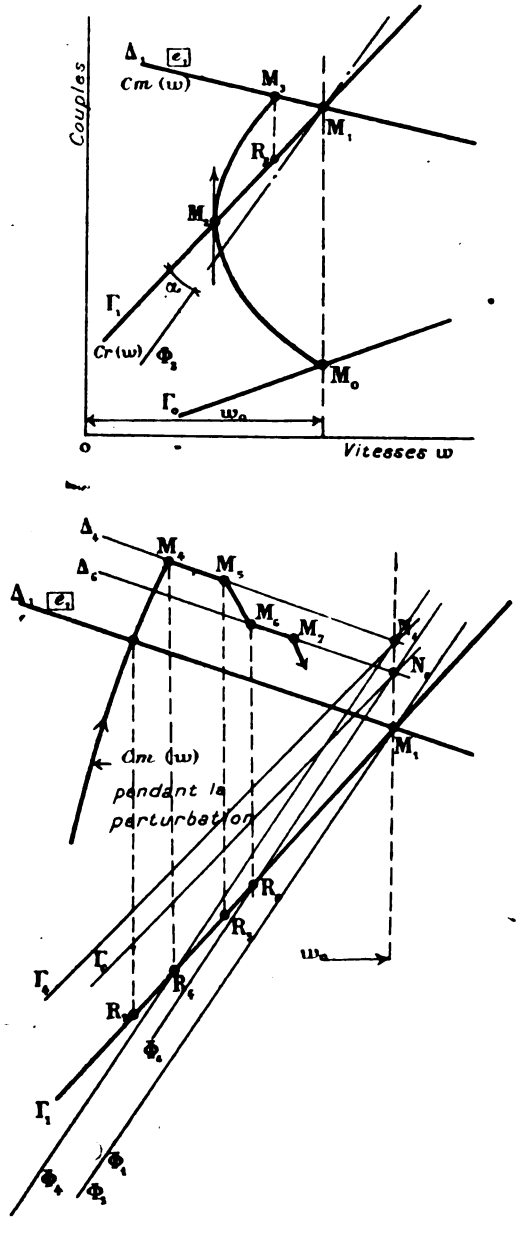


Fig. 16.

car on donne trop d'importance à la considération de la vitesse qui conduit à ouvrir, puisqu'elle est trop faible.

Le débrayage ouverture a donc lieu en un point M_4 tel que sa caractéristique Φ_4 passe par le point R_4 correspondant à M_4.

A ce moment $C_m > C_r$, la vitesse diminue donc, le débrayage du servo moteur dure un certain temps qui dépend de l'insensibilité du mécanisme. Le point M pendant ce temps se déplace sur Δ_4, le point R se déplace sur Γ_1 et passe par suite au-dessous de Φ_4, ce qui provoque l'embrayage fermeture, en M_5 R_5 par exemple.

L'admission diminue donc, la caractéristique Δ descend, la caractéristique de débrayage Φ descend aussi et finit par rattraper le point R, ce qui provoque le débrayage en M_6, R_6.

Nous voyons ainsi que le débrayage en M_4 est suivi à très bref délai d'un embrayage en sens inverse qui ramène l'admission vers la valeur e_1 à réaliser, mais le procédé d'étude que nous avons employé ne nous permet pas de déterminer d'une façon simple quelle est la durée de cet embrayage.

Pour étudier complètement l'effet des prépondérances, nous allons nous servir d'une nouvelle courbe.

Courbe auxiliaire de débrayage Ψ. — Cette courbe Ψ résume les propriétés des diverses caractéristiques de débrayage Φ (fig. 17), elle se rapporte à une

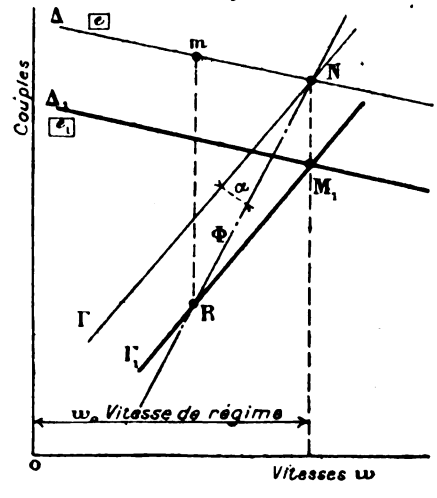


Fig. 17.

valeur e_1 de l'admission à réaliser, ou, si l'on préfère : il y a une courbe Ψ qui correspond à chaque état de charge du réseau.

Pour une valeur e_1 de l'admission à réaliser correspondant à une courbe Γ_1 de $C_r(\omega)$ fixée par l'état du réseau, proposons-nous de déterminer le point d'une courbe Δ de $C_m(\omega)$, correspondant à une admission e, pour lequel il y a débrayage.

La caractéristique de débrayage Φ correspondant à cette admission e, caractéristique tracée suivant les méthodes exposées précédemment, coupe Γ_1 en R correspondant au point m sur Δ.

La courbe auxiliaire de débrayage Ψ est le lieu des points m. Quand le point M figuratif du couple moteur arrivera sur Ψ, en m par exemple, le point R figuratif du couple résistant sera sur Φ caractéristique de débrayage, et le servo-moteur sera débrayé.

Tracé de la courbe auxiliaire de débrayage. — Appliquons le tracé ci-dessus au cas d'une prépondérance vitesse.

Digitized by Google

Nous pouvons admettre que, pour une valeur de l'admission voisine de la valeur e_1 à réaliser, l'importance de la prépondérance, c'est-à-dire l'angle α de déphasage de Φ sur Γ, est égale à la valeur de la prépondérance correspondant à e_1, c'est-à-dire $\alpha = \alpha_1$.

Par suite, sur la figure 18, pour les valeurs de l'admis-

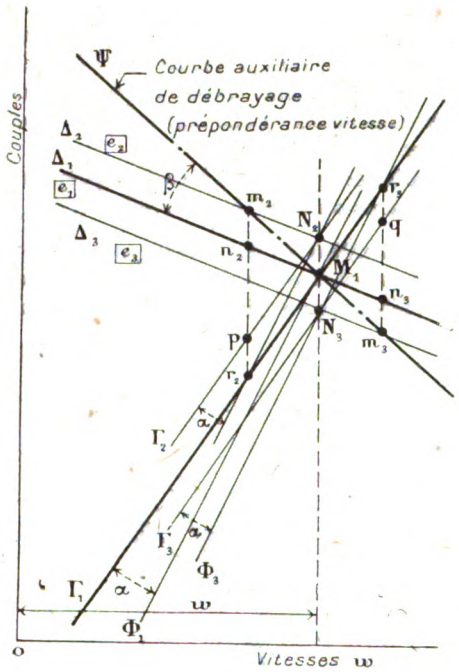


Fig. 18.

sion e_2, e_3, très voisines de e_1, on peut admettre que Δ_2 Δ_3 ... sont parallèles à Δ_1, que Γ_2, Γ_3 ... sont parallèles à Γ_1, que Φ_2 Φ_3... sont parallèles à Φ_1.

Il en résulte qu'en appliquant le tracé indiqué précédemment pour trouver les points m_2 et m_3 de Ψ, on a, si

$$e_2 - e_1 = e_1 - e_3,$$

$$pr_2 = m_2n_2 = m_3n_3 = qr_3 = M_1N_2 = M_1N_3.$$

Par suite, la courbe auxiliaire de débrayage Ψ est, du moins dans les environs de M_1, une droite faisant avec Δ_1 un angle β proportionnel à α, donc à l'importance de la prépondérance.

Ce déphasage est créé *dans le sens des aiguilles d'une montre* pour une *prépondérance vitesse*.

Une étude analogue montrerait qu'il est en sens inverse pour une prépondérance accélération (fig. 19).

PROPRIÉTÉS DE LA COURBE AUXILIAIRE DE DÉBRAYAGE Ψ. — Nous allons les déduire facilement de celles de la courbe Φ caractéristique de débrayage.

Soit une admission e_1 à réaliser et soit e l'admission à un instant considéré (fig. 20).

Dans le cas d'une prépondérance vitesse (p. v.), si M est en m', il y a débrayage. Si M est à gauche de m', il est *au-dessous* de Ψ' et le point R_1 est au-dessus de $\Phi_{p.\,v.}$, il y a *ouverture* (voir propriétés de Φ). Si M est à droite de m', c'est-à-dire *au-dessus de* Ψ', le point R_2 est au-dessous de $\Phi_{p.\,v.}$ et il y a *fermeture*.

Dans le cas d'une prépondérance accélération (p. a.)

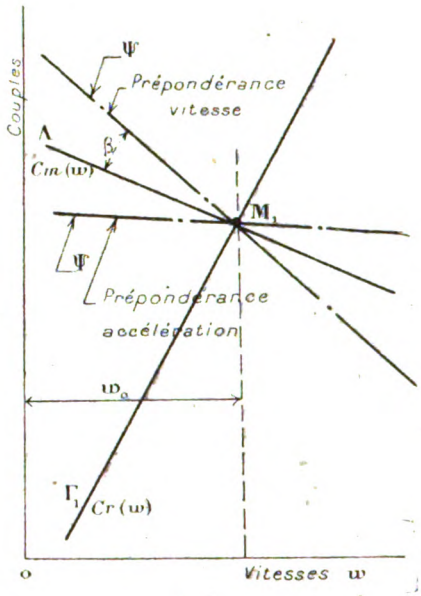


Fig. 19.

si le point M est à gauche de m", c'est-à-dire *au-dessus de* Ψ'', le point R_3 est au-dessous de $\Phi_{p.\,a.}$ et il y a *fermeture*; si le point M est à droite de m", c'est-à-dire s'il est *au-dessous de* Ψ'', le point R_4 est au-dessus de $\Phi_{p.\,a.}$ et il y a *ouverture*.

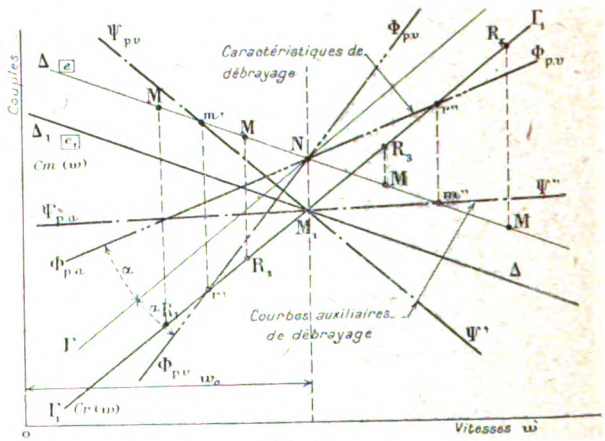


Fig. 20.

Donc les propriétés de Ψ sont générales :
Si M est au-dessus de Ψ, il y a fermeture;
Si M est sur Ψ, il y a débrayage;
Si M est au-dessous de Ψ, il y a ouverture.

Etude d'une perturbation avec prépondérance vitesse. Cas d'une hausse de charge. — Le débrayage qui, pour bien faire, devrait avoir lieu en M_3

Digitized by Google

(fig 21), où l'admission atteint la valeur e_1 à réaliser, a lieu seulement en M_4 où la courbe X de $C_m(\omega)$ pendant la perturbation coupe la courbe de débrayage Ψ.

La vitesse diminue ensuite, le servo-moteur restant stoppé en raison de l'insensibilité du régulateur ; M passe ainsi au-dessus de Ψ, car il se déplace sur Δ_4 et en un certain point M_5, il y a embrayage à la fermeture.

Le point M décrit à partir de M_5 une courbe Y de $C_m(\omega)$ pendant la perturbation correspondant à la fermeture; cette courbe fait en M_5 avec la verticale un

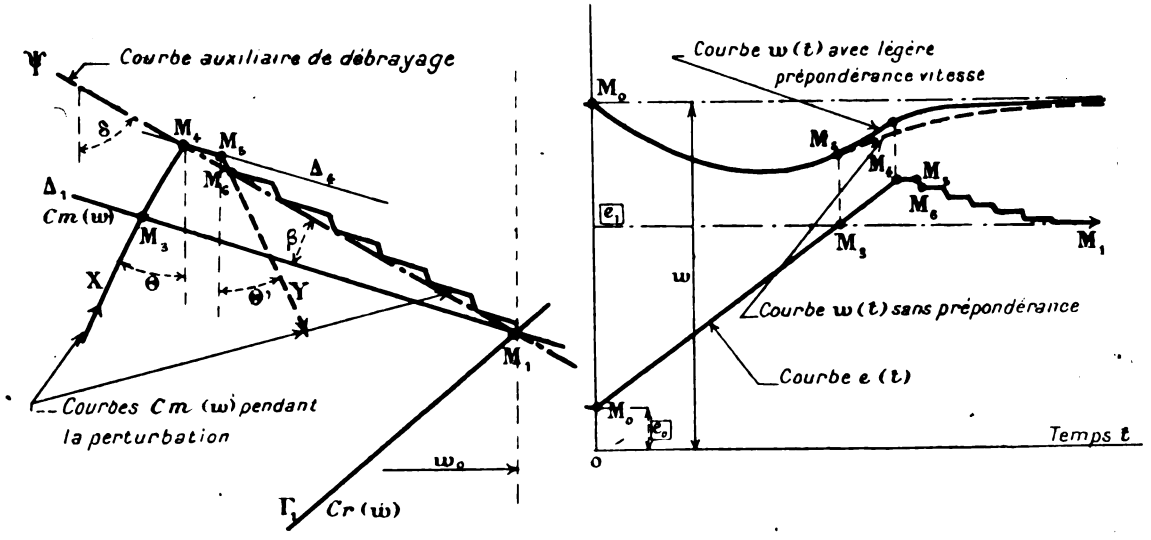


Fig. 21.

angle θ' sensiblement égal à celui θ que fait en M_4 la courbe X correspondant à l'ouverture.

Trois cas sont à considérer.

Premier cas. La prépondérance vitesse est faible. — Dans ce cas $\theta' < \delta$, δ étant l'angle de Ψ avec la verticale (fig. 21). La courbe Y coupe de suite Ψ, il y a débrayage en M_6 et si l'on admet que le régulateur est infiniment sensible, les périodes telles que M_4 M_5 et M_5 M_6 sont infiniment petites et le point M se déplace sur Ψ jusqu'à arriver en M_1.

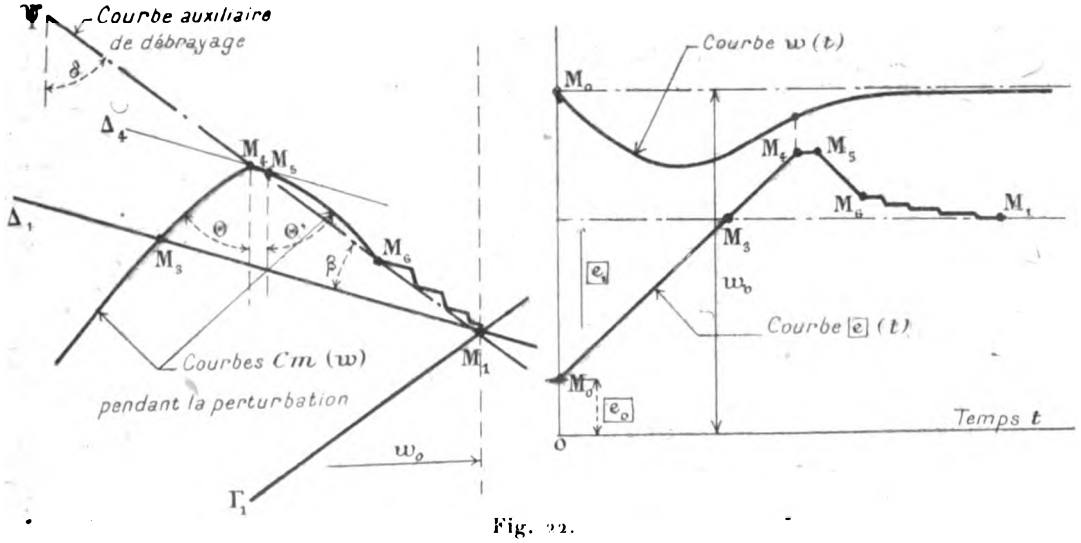


Fig. 22.

Dans ce cas donc, l'admission dépasse la valeur à atteindre, puis elle y revient par petits coups de vannage, tous de même sens, sans dépasser de nouveau cette valeur.

Le réglage est donc encore excellent et sans oscillations de vitesse. On pourrait même dire qu'il est plus rapide que s'il n'y avait pas de prépondérance, car l'écart des couples, qui ramène à la vitesse de régime, est plus grand quand M suit le parcours $X M_3 M_5 \Psi M_1$ que quand il suit le parcours $X M_3 \Delta_1 M_1$ (fig. 21).

Digitized by Google

Deuxième cas. Prépondérance vitesse d'importance moyenne. — Si la prépondérance est plus importante, l'angle δ est plus petit, le débrayage a lieu plus tard, ce qui augmente l'angle θ et par suite θ'. Il arrive que la courbe Y décrite par le point M après l'embrayage fermeture en M_5 passe au-dessus de Ψ (si $\theta' > \delta$) et ne rencontre Ψ qu'en M_6. (fig. 22).

Dans ce cas la valeur e_1 de l'admission à réaliser es

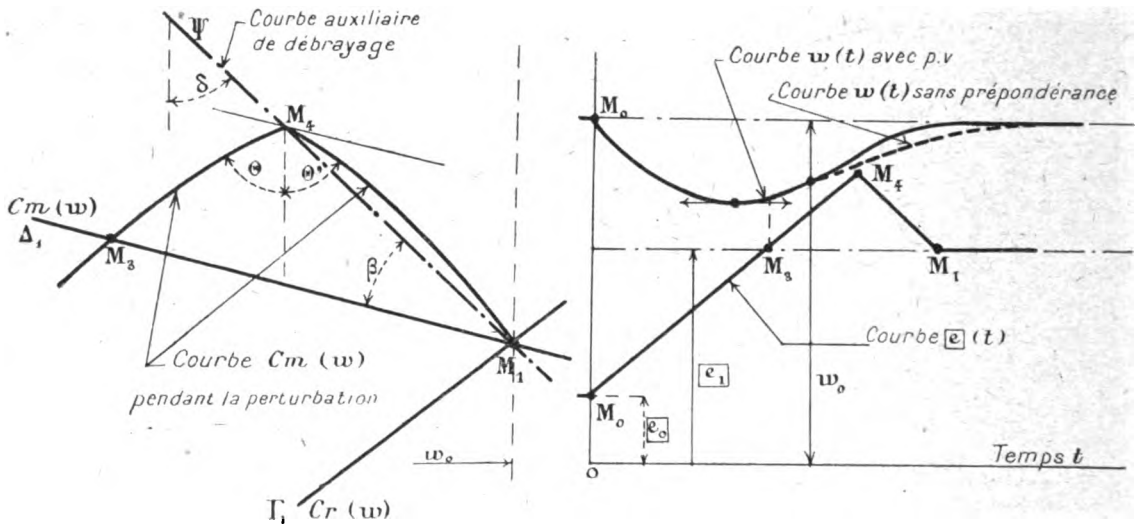


Fig. 23.

dépassée notablement, puis l'admission revient vers cette valeur par un grand coup de vannage suivi de petits coups de même sens, jusqu'à ce que la valeur e_1 soit réalisée.

Le réglage est encore satisfaisant, sans oscillations de vitesse. Le réglage idéal serait même celui pour lequel la prépondérance vitesse serait telle que Y rencontre Ψ en M (fig. 23).

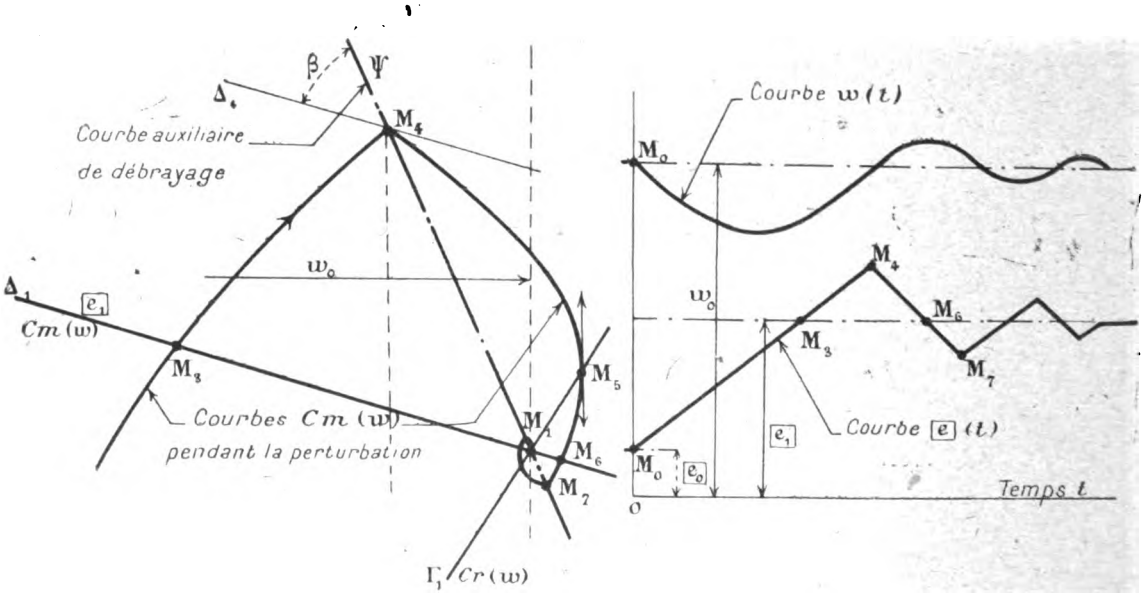


Fig. 24.

Dans ce cas, le réglage se ferait sans oscillations de vitesse et avec la plus grande rapidité possible.

Troisième cas. Prépondérance vitesse importante. — Dans ce cas, en raison de la grande prépondérance, la courbe Y ne coupe Ψ qu'en M_7 après avoir dépassé la vitesse de régime ω_0 et l'admission à réaliser e_1.

Le point M finit par arriver à M_1 après une série d'ouvertures et de fermetures, le point M décrivant des cycles qui convergent d'autant plus lentement que la prépondérance est plus grande (fig. 24).

Digitized by Google

Ce fonctionnement est évidemment à éviter, car il correspond à un réglage très long et avec des oscillations de vitesse.

En exagérant la prépondérance vitesse à l'extrême, on

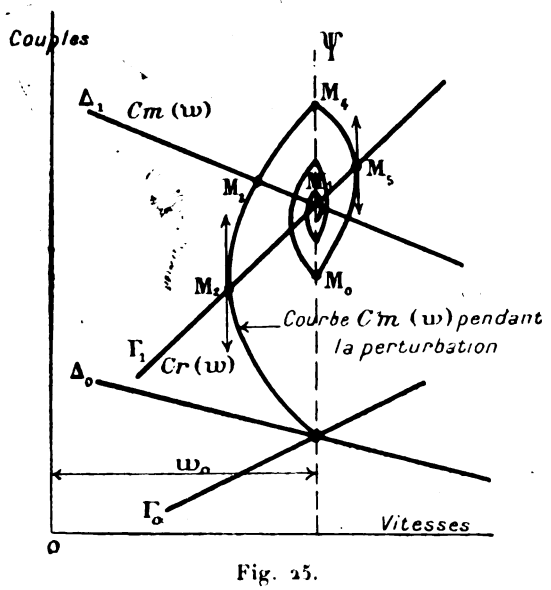


Fig. 25.

arrive au réglage que nous avons signalé au début de la première partie, où l'on agit sur le vannage en tenant compte seulement de l'écart de vitesse.

La machine a des oscillations de vitesse à longues périodes et le point M décrit des cycles peu convergents (fig. 25), cycles étudiés pour la première fois par M. Léauté.

Influence d'une prépondérance accélération. Cas d'une hausse de charge. — Le débrayage qui, pour bien faire, devrait avoir lieu en M_3 sur Δ_1, a lieu plutôt en M_4 sur la courbe Ψ de débrayage (fig. 26).

Le point M se déplace sur Δ_4 et passe ainsi au-dessous de Ψ. En M_5 il y a embrayage ouverture. En M_6 il y a embrayage et ainsi de suite, le point M se dirige vers M_1 suivant une courbe en escaliers s'écartant plus ou moins de Ψ suivant le degré de sensibilité du régulateur.

Le réglage se fait donc sans oscillations de vitesse, mais il est un peu plus lent que s'il n'y avait pas de prépondérance ; en effet l'écart des couples, qui ramène à la vitesse de régime, est plus faible si l'on suit le parcours M_4 M_5 M_6... M_1 que si l'on suit le parcours M_4 M_5 Δ_1 M_1.

Les mêmes études dans le cas d'une baisse de charge conduiraient aux mêmes résultats.

Conclusions de l'étude des prépondérances. — La prépondérance accélération cause un débrayage anticipé, le réglage se termine par petits coups de vanne de même sens que le réglage principal et le fonctionnement reste très satisfaisant ; la perturbation est seulement un peu allongée, mais ne comporte pas d'oscillations de vitesse.

La prépondérance vitesse recule le débrayage, l'admission à réaliser est dépassée et il faut revenir en

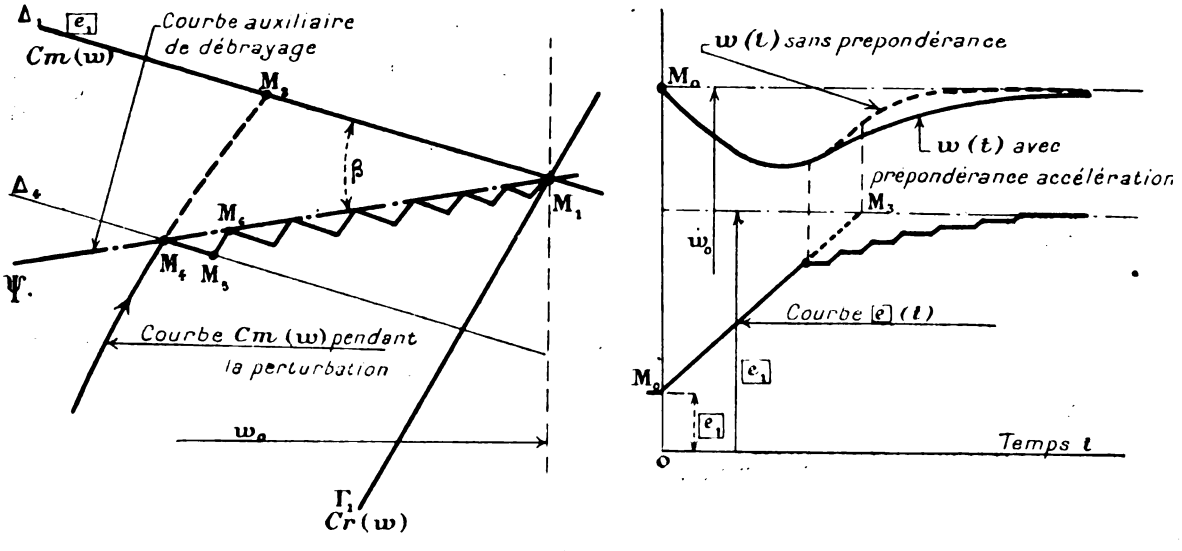


Fig. 26.

arrière. Si la prépondérance vitesse est assez faible, le fonctionnement est acceptable, il n'y a pas d'oscillations de vitesse ; une légère prépondérance vitesse serait même avantageuse, car elle réduirait légèrement la durée du réglage.

Si la prépondérance vitesse est trop considérable, la perturbation comporte des oscillations de vitesse à longues périodes, plus ou moins amorties ; un tel fonctionnement doit évidemment être évité.

Il sera toujours facile de déterminer, au cours des essais du groupe, la nature de la prépondérance pour une charge donnée, de façon à pouvoir la ramener à une

Digitized by Google

valeur compatible avec le but qu'on se propose, d'avoir un réglage rapide sans oscillations de vitesse.

1° Dans le cas d'une prépondérance accélération, il y a d'abord une grande période de réglage suivie d'une série de petites périodes, toutes de même sens que la grande.

2° Dans le cas d'une prépondérance vitesse, il y a d'abord une grande période de réglage suivie d'une période de réglage en sens inverse. Les périodes de réglage suivantes sont, soit de même sens que la seconde, si la prépondérance est faible, soit alternativement de sens inverse et de même sens, si la prépondérance est importante.

Il suffira donc d'observer les mouvements du servo-moteur pour voir à chaque charge à quelle prépondérance on a affaire. Pour corriger une prépondérance accélération, il faut rapprocher C de A (fig. 8) ; pour corriger une prépondérance vitesse, il faut rapprocher C de B.

On pourra donc aux essais corriger la liaison du point C au vannage ; on aura sans doute intérêt, comme nous l'exposions plus haut, à conserver une très légère prépondérance vitesse pour augmenter un peu la rapidité du réglage.

Cette facilité de mise au point aux essais constitue évidemment un gros avantage à l'actif du nouveau régulateur.

Compensation de l'inertie et du freinage des détecteurs. — On peut objecter que, dans tout ce qui précède, nous avons négligé l'inertie des deux détecteurs d'écart de vitesse et d'accélération ; on peut dire que la régulation directe, elle aussi, est parfaite, si l'on néglige l'inertie du tachymètre et cependant cette inertie entraîne dans certains cas un fonctionnement très défectueux.

En réalité, la considération de l'inertie des organes nous conduit à conclure à une supériorité du nouveau régulateur mixte. On peut, en effet, prévoir à l'avance les effets de cette inertie, les déterminer soit par le calcul, soit plutôt par l'expérience, et provoquer un effet inverse qui ramène le fonctionnement aux conditions théoriques exposées plus haut.

Tout d'abord nous éviterons les effets d'inertie en munissant les détecteurs d'écart de vitesse et d'accélération de freins à cataracte suffisamment puissants.

Cette solution radicale présente de sérieux inconvénients bien connus en régulation directe, car si l'inertie d'un organe l'entraîne trop loin, un freinage le met en retard et produit l'effet inverse.

Cependant, entre les deux inconvénients, il vaut mieux choisir le freinage ; l'inertie provoque en effet des oscillations, phénomènes capricieux qui laissent toujours subsister la menace d'effets de résonance désastreux.

Un freinage au contraire amortit ces oscillations et crée une perturbation plus régulière ; enfin, dans un régulateur mixte, on peut se permettre un freinage assez puissant, car le détecteur d'accélération est soumis au début de la perturbation à l'effet maximum. Il donne donc malgré le freinage un embrayage très rapide.

Dans un régulateur indirect ordinaire, un freinage trop important donnerait un grand retard à l'embrayage et retarderait également le débrayage qu'on doit au contraire s'efforcer d'avancer ; il créerait donc un fonctionnement défectueux.

Le freinage des détecteurs crée un retard au débrayage tout comme une prépondérance vitesse. On le compensera donc expérimentalement en rapprochant le point C de B (fig. 8) et en créant ainsi une légère prépondérance accélération.

Compensation de l'inertie du vannage. — L'inertie du vannage l'entraîne trop loin, tout comme une prépondérance vitesse. On le compensera donc également en créant une légère prépondérance accélération soit en rapprochant C de B.

D'ailleurs, les divers effets : prépondérance, freinage des détecteurs, inertie du vannage, se compenseront globalement aux essais, en observant les manœuvres du servo-moteur au cours d'une perturbation et en modifiant la liaison du point C au vannage de façon à réaliser le réglage sans prépondérance ou avec une très légère prépondérance vitesse.

Réalisation d'une loi ω_r (P) quelconque. — Dans ce qui précède, nous avons étudié le fonctionnement du régulateur dans le cas où la vitesse de régime conserve la même valeur quelle que soit la charge.

Pour un certain nombre d'applications, le couplage des alternateurs en particulier, il peut être nécessaire de faire varier la vitesse de régime ω_r avec la puissance P développée.

Le nouveau régulateur mixte se prête très bien à cette condition. Soit la courbe Σ de C_m (ω_r) reliant les points de régime M_1, M_2, M_3, correspondant à diverses admissions e_1, e_2, e_3 (fig. 27).

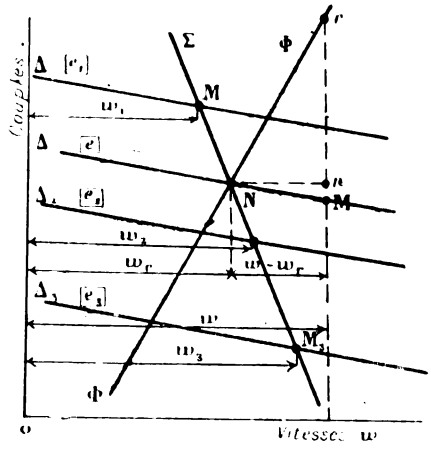


Fig. 27.

Cette courbe Σ est directement liée à ω_r (P) par la relation $P = C_m \times \omega_r$.

Soit au cours d'une perturbation une admission e ; soit

Digitized by Google

M le point figuratif du couple moteur au cours de la perturbation et soit ω_r la vitesse de régime correspondant à cette admission et à la courbe Σ.

Le détecteur d'écart de vitesse doit être muni d'un dispositif tel qu'il mesure la différence $\omega - \omega_r = Nn$.

Ce dispositif peut être par exemple constitué par une liaison du point O au vannage (fig. 28). Si l'on se donne

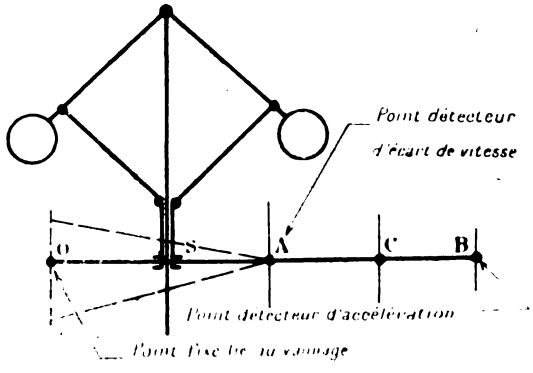


Fig. 28.

la courbe Σ, on connaît pour une admission donnée la vitesse de régime à réaliser ω_r, on connaît donc la position du manchon S du tachymètre.

On en déduit la position que doit occuper le point O pour que, lorsque le régime est réalisé, le point A soit ramené à sa position moyenne.

Les deux points C et O étant ainsi liés au vannage, on peut pour chaque valeur de l'admission tracer une caractéristique Φ de débrayage (fig. 27) telle que

$$\frac{Mr}{Nn} = K \times \frac{CB}{CA}.$$

Cette caractéristique a exactement les mêmes propriétés que dans le cas d'une vitesse de régime constante ; si R est au-dessus de Φ, il y a ouverture, si R est au-dessous de Φ, il y a fermeture.

Si la liaison de C au vannage est correcte, Φ se confond avec la caractéristique Γ de $C_r(\omega)$ qui passe par le point N.

Si la liaison de C est incorrecte, Φ s'écarte plus ou moins de Γ ; il y a prépondérance.

Etude d'une perturbation avec une loi $\omega_r(P)$ quelconque. Cas d'un réglage sans prépondérance. Hausse de charge. — Le régime initial étant M_0, Γ_0, Δ_0, il y a une brusque hausse de charge, la caractéristique $C_r(\omega)$ qui était Γ_0 est remplacée par Γ_1, le nouveau point de régime à réaliser étant M_1 (fig. 29).

La vitesse baisse, il y a embrayage ouverture car R'_0 est au-dessus de Φ_0.

L'admission augmente, la caractéristique Δ de $C_m(\omega)$ remonte, entraînant avec elle la caractéristique de débrayage.

Quand l'admission a atteint la valeur e_1 à réaliser, en M_5, la caractéristique de débrayage Φ_5 se confond avec Γ_1, car nous admettons qu'il n'y a pas de prépondérance.

Le point R_5 figuratif du couple résistant se trouve

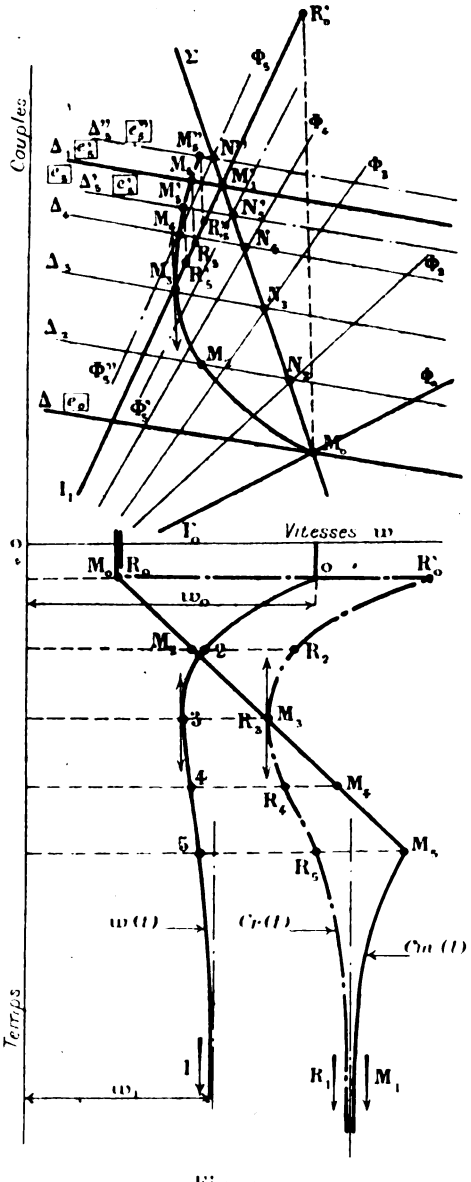


Fig. 29.

donc sur Φ_5, et il y a débrayage juste au moment où l'admission atteint la nouvelle valeur à réaliser.

Le débrayage ne peut avoir lieu ni plus tôt ni plus tard, car pour une admission e'_5 légèrement inférieure à e_1, le point R'_5 se trouve au-dessus de Φ'_5 et il y a ouverture.

Pour une admission e''_5 légèrement supérieure à e_1 le

Digitized by Google

point R''_5 serait au-dessous de Φ''_5 et il y aurait fermeture.

Après ce débrayage en M_5, la vitesse diminue sans que l'admission change, M se déplace sur Δ_1, R se déplace sur Γ_1 qui est confondu avec Φ_5 ; il n'y a donc pas de nouvel embrayage.

En un mot, le réglage se fait exactement comme dans le cas où la vitesse de régime est constante ; la nouvelle admission est atteinte du premier coup, si la liaison de C au vannage est correcte, et le réglage se fait le plus rapidement possible et sans oscillations de vitesse.

On pourrait faire dans le cas d'une courbe $\omega_r(P)$ quelconque les mêmes études que celles que nous avons faites précédemment pour une baisse de charge, une perturbation complexe, une prépondérance vitesse ou accélération, ou enfin pour la compensation des effets d'inertie et de freinage des détecteurs et du vannage ; les conclusions seraient identiques à celles que nous avons déjà obtenues.

Notons cependant encore une particularité, c'est que dans ces études nous n'aurions à faire aucune hypothèse sur la forme de la courbe Σ de $\omega_r(P)$. Nous pourrions ainsi très facilement avec un régulateur mixte réaliser une courbe $\omega_r(P)$ hypercompensée (fig. 30).

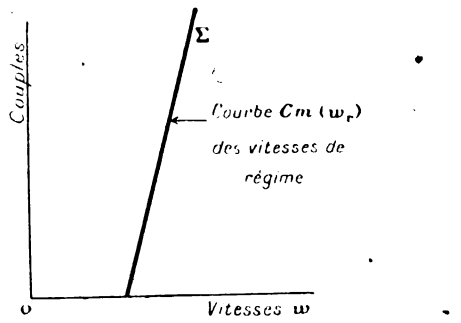


Fig. 30.

Avec une telle courbe, la vitesse de régime augmente avec la charge.

Pour le couplage des alternateurs, une telle courbe ne vaudrait rien, mais dans le cas d'une machine isolée actionnant un atelier, elle serait fort intéressante, la hausse de charge pouvant être déterminée pour compenser le glissement des courroies de transmission (1).

(1) Pour l'étude de la réalisation d'une telle courbe hypercompensée avec un régulateur indirect ordinaire, on consultera avec intérêt l'ouvrage précité : *Groupes électrogènes en régime troublé*.

Résumé des propriétés du nouveau régulateur. — Réglage extra-rapide. — On atteint en effet directement la nouvelle admission à réaliser et, si la vitesse de fermeture du vannage est fixée, le régulateur réalise le réglage le plus rapide qu'on puisse obtenir.

Suppression des oscillations de vitesse. — Le réglage se fait sans oscillations, ou plus exactement, il n'y a qu'une demi-oscillation d'ailleurs inévitable et dont l'amplitude est fixée, quel que soit le type de régulateur, quand on se donne les dimensions du volant et la vitesse de manœuvre du vannage.

Grande facilité de mise au point, permettant de compenser aux essais par un réglage très simple :

L'inertie ou le freinage des détecteurs d'écart de vitesse et d'accélération ;

L'inertie du vannage ;

Les erreurs dans les calculs d'établissement du régulateur, erreurs qui créeraient de la prépondérance vitesse ou de la prépondérance accélération.

Grande sensibilité. — Dans les régulateurs indirects ordinaires agissant sous l'effet de l'écart de vitesse seul, il y a un certain retard à l'embrayage qui tient à ce que l'écart de vitesse partant de zéro doit prendre une certaine valeur pour provoquer l'embrayage.

Dans le nouveau régulateur mixte, l'embrayage est commandé à la fois par l'écart de vitesse et par l'accélération ; cette dernière étant maximum au début de la perturbation produit un embrayage très rapide.

Fonctionnement parfait dans une perturbation complexe, lorsqu'une nouvelle variation de charge se produit en cours de réglage.

Enfin, réalisation soit de l'*isochronisme rigoureux*, soit d'une *courbe* $\omega_r(P)$ *quelconque*, et cela du premier coup, sans oscillations de vitesse et sans avoir recours à des mécanismes de compensation ou de décompensation compliqués, qui de plus, par leur action, prolongent la perturbation.

(*A suivre.*)

L. Barbillion,
Capitaine du Génie. Directeur de l'Institut polytechnique de l'Université de Grenoble.

P. Cayère,
Second maître pilote aviateur, Ingénieur A. M. et I. E. G.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Le réglage de la combustion dans les chaufferies modernes

Tous les ingénieurs chargés de l'exploitation d'une station centrale à vapeur connaissent les difficultés qu'on éprouve pour régler rationnellement la combustion du charbon sur les grilles des chaudières. L'auteur de l'article ci-dessous examine comment doit être effectué le réglage de la combustion dans le cas où on a recours au tirage artificiel et aux grilles mécaniques, afin d'obtenir un rendement maximum de l'énergie calorifique contenue dans le combustible.

I. — Il est fort probable que, dans un avenir très proche, des perfectionnements considérables seront apportés à l'utilisation du combustible pour sa transformation en énergie mécanique, mais actuellement la disposition industrielle la plus moderne pour l'utilisation du charbon comprend l'installation de groupes évaporatoires constitués par : le foyer avec grille mécanique et dispositif permettant le réglage de l'arrivée d'air sur la longueur de la grille, au dessus, la chaudière proprement dite, son surchauffeur et, sur le circuit des gaz se rendant à la cheminée, le réchauffeur d'eau d'alimentation, le réchauffeur d'air et enfin la cheminée.

Les unités de 15 000 à 20 000 kg de puissance horaire de vaporisation sont courantes dans l'industrie.

J'estime même que l'on n'a pas suivi assez rapidement avec les chaudières l'accroissement de puissance des groupes électrogènes, et que le maximum d'économie, tout en conservant une grande sécurité d'exploitation, sera obtenu en alimentant chaque groupe électrogène par 2, ou au maximum 3, chaudières, une troisième ou quatrième étant installée pour permettre les nettoyages et les visites, c'est-à-dire que, pour desservir des groupes de 15 000 kw par exemple, on serait amené à installer des unités chaudières de 25 000 ou 35 000 kg de vapeur à l'heure.

Bien peu de chaufferies de stations centrales, même parmi les plus récentes, ont adopté des dispositifs rationnels donnant une souplesse suffisante dans le tirage, pourtant principal facteur de la combustion.

Le tirage mécanique par ventilateur, qui seul peut donner cette souplesse d'exploitation, n'est plus discuté, et les belles cheminées monumentales, orgueil des stations centrales, ont vécu.

Ce qui, par contre, paraît plus discutable que jamais, c'est la disposition de ce tirage mécanique, et c'est cette disposition logique que nous allons analyser.

II. — Pour brûler économiquement sur la grille un certain poids de charbon, il faut que la couche de charbon soit traversée par un certain volume d'air.

Ce mouvement d'air, ce tirage, est obtenu soit que l'on crée dans la chambre de combustion une dépression, en expulsant à l'extérieur les gaz du foyer par un ventillateur aspirant, soit que l'on donne à l'air destiné à la combustion une pression capable de vaincre les résistances de la couche de charbon et des carneaux par un ventilateur soufflant.

Ces deux dispositifs ont leurs inconvénients, puisque dans le premier cas, par toutes les fissures des maçonneries, par les ouvertures insuffisamment étanches, des rentrées d'air très importantes viennent diminuer le rendement ; dans le deuxième cas, par les mêmes ouvertures, filtrent des fumées ou des particules fines de charbon, des trous se creusent dans la couche de charbon, par lesquels il se forme, sous la pression de l'air, des jets de chalumeau.

La solution idéale est la combinaison des deux systèmes, ou tirage équilibré.

Les deux ventilateurs sont réglés pour que la chambre de combustion soit à une pression très voisine de la pression atmosphérique, d'où nécessité d'un premier appareil indicateur de pression-dépression, branché à l'arrière de la chambre de combustion et que le chauffeur aura pour consigne de maintenir au zéro.

On pourra alors, sans aucun inconvénient, ouvrir les regards de visite du feu, les portes d'évacuation des mâchefers, etc...

La condition la plus favorable à la bonne utilisation du combustible est de proportionner très exactement la quantité d'air envoyé au foyer, au poids de charbon brûlé, c'est-à-dire à la vaporisation.

Or, ce débit d'air est obtenu par la dépression d'air existant entre le dessus et le dessous de la couche de combustible, dépression réalisée, nous l'avons vu, par l'effet combiné du ventilateur aspirant les gaz dans la chambre de combustion, et celui soufflant l'air au-dessous de la grille ; cette dépression sera mesurée par un deuxième indicateur de dépression, branché entre le dessus et le dessous de la couche de charbon.

Un abaque donnera pour chaque qualité de charbon, la valeur de cette dépression à maintenir en fonction de l'épaisseur de la couche de charbon et de la vitesse de la

Digitized by Google

grille, c'est-à-dire, du poids de charbon brûlé, et cette dépression sera obtenue par la manœuvre simultanée des deux ventilateurs, tout en maintenant à o la pression au foyer, par rapport à l'atmosphère.

En résumé, le travail du personnel de la chaufferie consistera à régler simultanément, suivant le débit de vapeur et la qualité du charbon, les quatre éléments :

Épaisseur de la couche de charbon ;

Vitesse de la grille ;

Pression d'air sous la grille ;

Aspiration dans la chambre de combustion.

Puis, suivant l'état du feu, régler la répartition, sur toute la surface de la grille, de l'air insufflé.

Il importe, tout d'abord, de travailler avec des qualités de charbon bien connues et aussi constantes que possible, pour que l'on puisse indiquer préalablement au chauffeur aux environs de quelles valeurs il devra effectuer son réglage.

La composition chimique du charbon et sa texture physique lient les trois éléments : épaisseur de la couche, vitesse de la grille et répartition de l'air sous la grille, de manière à toujours obtenir l'allumage à 10 ou 15 cm de l'obturateur de la trémie de chargement et l'achèvement de la combustion à 30 ou 40 cm avant les décrasseurs, et cela sans rentrées d'air inutiles, surtout dans la partie arrière de la grille.

Ainsi un charbon riche en matières volatiles demandera que l'épaisseur de la couche soit réduite, la vitesse de la grille augmentée et l'air supprimé dans la dernière partie de la grille. On travaillera avec une couche plus épaisse avec de la gaillette qu'avec de la braisette, et surtout des fines, toutes choses égales d'ailleurs.

La pression devant rester constante, c'est l'indication du débit de vapeur de la chaudière qui fixera le poids de charbon brûlé.

Actuellement, les appareils indicateurs de débit de vapeur sont encore trop délicats et trop peu précis pour que l'on puisse songer à en faire la base du réglage des feux, et ce débit de vapeur sera donné en ramenant à la chaufferie l'indication du wattmètre du groupe électrogène, ou plus simplement, celle du compteur d'eau condensée dans le cas de condenseur par surface.

Si on emploie un compteur d'eau à flotteur du genre du Léa, il suffit en effet de munir la tige du flotteur d'une longue aiguille se déplaçant devant un cadran, pour que toute la chaufferie puisse voir les variations de charge du groupe électrogène.

Suivant ce poids de charbon, nous savons, ou plutôt l'examen des gaz brûlés nous a indiqué, à quelle valeur du déprimomètre différentiel nous devons régler notre tirage pour obtenir la meilleure combustion.

Pour cet examen des gaz brûlés, il suffit de s'assurer, ce qui d'ailleurs sera généralement le cas, que nous sommes dans une atmosphère oxydante et de doser CO^2.

Une foule de types d'appareils ont été imaginés dans ce but : les appareils à indications continues sont généralement très délicats ; les burettes portatives Baillet, Schübert, Underfeed, etc., suffisent d'autant plus que le chauffeur n'a pas à les utiliser, et qu'il lui suffit de connaître la valeur de la dépression à maintenir, laquelle indication lui sera donnée par l'ingénieur, chef de chauffe, à la suite d'essais méthodiques très minutieux, effectués pour chacune des qualités de charbon susceptibles d'être brûlées dans la chaufferie, et pour lesquelles l'appareil d'Orsat avec un bon échantillonneur de gaz est le meilleur appareil de contrôle.

C'est à la suite de ces essais que seront établis les abaques dont nous avons parlé plus haut.

Pour obtenir ces diverses valeurs de tirage, il n'y a qu'un seul procédé économique : c'est celui qui consiste à faire varier la vitesse des ventilateurs de soufflage et d'aspiration, car la puissance absorbée par des ventilateurs à vitesse réglable varie sensiblement comme le cube de la variation de vaporisation, tandis que le réglage par registre ou papillon, fait varier la puissance moins vite que cette allure de vaporisation.

On a imaginé plusieurs dispositifs automatiques permettant d'obtenir cette variation de vitesse.

J'estime cependant que, dans le cas que nous avons envisagé de grosses unités chaudières, il est encore bien préférable de confier ce réglage à un bon manœuvre capable de surveiller facilement deux groupes, soit 50 000 à 70 000 kg de vapeur, et qui puisse être contrôlé lui-même facilement par des appareils enregistreurs excessivement simples, donnant la courbe des valeurs de la dépression au foyer.

Il suffit de comparer d'un coup d'œil les courbes de cet appareil avec celles du wattmètre enregistreur pour s'assurer si elles ont une allure identique, car, comme nous l'avons vu, à une diminution de la charge du groupe électrogène doit correspondre une réduction du charbon brûlé, donc une diminution de la dépression au travers de la couche de combustible.

III. — Nous arrivons alors au procédé de commande des ventilateurs permettant d'obtenir facilement cette variation de vitesse.

Actuellement, dans les stations centrales à courant triphasé, ces ventilateurs sont actionnés par des moteurs asynchrones, par conséquent à vitesse sensiblement constante, ou à réglage par rhéostat dans le rotor, solution très onéreuse.

Les électriciens ont à leur disposition trois procédés permettant d'obtenir cette variation de vitesse nécessaire :

1° Transformer le courant triphasé en courant continu, et actionner les ventilateurs par des moteurs shunt à courant continu, pour lesquels on peut obtenir toute la gamme des vitesses ;

2° Transformer le courant triphasé en courant diphasé par un transformateur Scott, et connecter sur chaque phase du diphasé un moteur à courant monophasé à vitesse variable, les deux phases alimentant chacune un moteur de chaque groupe, ce qui permet d'équilibrer sensiblement les deux circuits ;

Digitized by Google

3° Installer des moteurs triphasés à collecteur à vitesse variable.

J'estime que la solution la plus pratique, la plus souple et la plus économique est l'installation avec moteurs à courant continu.

Le rendement de la transformation du courant triphasé en courant continu avec des commutatrices modernes bien étudiées est excellent et très peu inférieur à celui du transformateur statique. Cet écart de rendement est d'ailleurs rapidement rattrapé par l'excellence du rendement des moteurs à courant continu aux diverses allures.

On aura aussi la possibilité d'alimenter en courant continu quelques autres services auxiliaires de la station centrale : batterie d'accumulateurs des relais, de signalisation, de secours de l'excitation, moteurs des ponts roulants, tracteurs, cabestans, etc.

L'appareillage des moteurs de ventilateurs sera disposé pour que les rhéostats de champ des deux moteurs puissent être manœuvrés simultanément avec cependant un dispositif pouvant rapidement supprimer cette solidarité et permettre le réglage individuel.

IV. — L'ensemble des dispositifs que nous venons de passer rapidement en revue suffisent aux chauffeurs pour régler la combustion d'après les indications qu'ils reçoivent du chef de chauffe et arriver ainsi à l'utilisation maximum du charbon.

Pour permettre, en cas de marche anormale, de reconnaître immédiatement le point défectueux, ou mieux pour prévoir ces défectuosités et y remédier, on complétera l'appareillage de la chaufferie par les enregistreurs de température dans la conduite de prise de vapeur surchauffée de la chaudière, dans les carneaux entre la chaudière et l'économiseur, entre l'économiseur et le réchauffeur d'air et à la cheminée, dans l'eau à l'entrée et à la sortie de l'économiseur, et dans l'air à la sortie du réchauffeur.

Ces appareils seront groupés par chaudière sur un panneau pupitre, à proximité de la façade de la chaudière.

Ces indications seront complétées comme nous l'avons vu, par des dosages fréquents de CO^2 et de CO dans les gaz, et par des relevés pyrométriques de la température du foyer.

La combustion réglée suivant ces données, permettra d'atteindre le rendement maximum par suite de la haute température au foyer obtenue.

Mais précisément, cette haute température a pour contre-partie une usure plus rapide de la grille et des revêtements, et exige l'emploi de matériaux de tout à fait premier choix, aussi bien comme briques réfractaires que comme fonte des barreaux.

L'entretien sera toujours plus important qu'avec une marche admettant un excès d'air, comme c'est trop souvent le cas, car d'abord cette plus grande quantité d'air traversant la grille la refroidira davantage, en même temps qu'elle occasionnera une baisse de la température du foyer.

C'est cet inconvénient de la diminution de durée du matériel qui a empêché les constructeurs de chaudières et surtout de grilles mécaniques, d'attacher une importance absolument primordiale au réglage méthodique de la combustion, et d'appeler sur ce point l'attention de l'ingénieur exploitant de stations centrales.

Le chef de chauffe de son côté, et tout le personnel de la chaufferie, pour leur tranquillité, seront naturellement amenés à adopter une marche un peu de père de famille, sans chercher à porter au maximum la température au foyer, et ce sera à la direction de l'usine, à être suffisamment attentive aux diagrammes de dépression et aux relevés de teneur en CO^2 dans les gaz brûlés, pour imposer sa volonté dans le réglage de la combustion, en quoi elle sera d'ailleurs grandement facilitée par l'établissement de primes à l'économie sur le prix de revient.

Mais, encore une fois, cette marche économique ne sera possible qu'avec de très bon matériaux, une grille parfaitement étudiée une disposition rationnelle des chaudières, des fumisteries et de tous les organes accessoires, permettant librement les dilatations.

On a fait dans ces dernières années de grands progrès dans la construction des chaudières et des grilles, mais les constructeurs ont encore à beaucoup perfectionner leur matériel pour permettre d'atteindre l'économie maximum; en particulier les deux points suivants ont été trop négligés :

Dispositions permettant une circulation intensive de l'eau et surtout une circulation méthodique de l'eau et des gaz chauds.

Il ne faut plus que, comme par exemple c'est le cas dans la plupart des grosses chaudières multitubulaires dénommées « type marine », les gaz quittent la chaudière en contact avec les tubes renfermant le mélange « eau-vapeur » à la température la plus élevée. Ces points de la chaudière doivent au contraire être au milieu du foyer, et les gaz à la sortie doivent rencontrer les tubes dans lesquels l'eau d'alimentation est immédiatement entraînée.

On comprend bien qu'on obtiendra ainsi le maximum de vitesse de circulation et le maximum de transmission de chaleur des gaz à l'eau.

L. Conge,
Ingénieur-électricien.

Digitized by Google

La tourbe et l'industrie électrique

Dans une étude générale de l'industrie de la tourbe (1), l'auteur a exposé précédemment les différents modes de prospection des tourbières, d'extraction et d'utilisation de la tourbe. Il précise ici les conditions d'exploitation au louchet à main, le procédé le plus anciennement pratiqué et qui, malgré tout, est encore le plus répandu en France. Le séchage naturel fait ensuite l'objet d'un chapitre spécial suivi de la description des divers procédés de séchage artificiel qui avaient été simplement mentionnés. L'article se termine par l'étude des procédés de carbonisation humide de la tourbe qui, s'ils ne semblent pas encore avoir donné de résultats industriels, ne doivent cependant pas être négligés.

Extraction à la main. — C'est là, ainsi que nous l'avons vu, le procédé le plus anciennement employé. Cette méthode est encore beaucoup pratiquée en France où les tourbières sont généralement d'une superficie unitaire assez limitée.

L'extraction à la main se fait au louchet à main ou à la drague suivant que la tourbière est drainée ou submergée.

Extraction au louchet a main. — Le louchet à main est une bêche, dont les formes sont variables suivant les régions. On emploie le petit louchet ou le grand louchet suivant la profondeur à laquelle doit s'effectuer le travail.

Petit louchet. — La figure 1 représente le type du petit louchet le plus répandu en France. Il est constitué

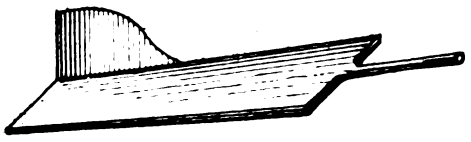


Fig. 1. — Petit louchet.

par une bêche ordinaire portant sur un côté un aileron de même largeur que le fer et faisant avec lui un angle légèrement supérieur à un angle droit (2).

La tourbe est « piquée » verticalement ou horizontalement suivant les pays. Cependant il est plutôt recommandé de piquer verticalement, les mottes ainsi obtenues étant moins fragiles.

La figure 2, qui se passe de commentaires, représente une méthode d'exploitation par gradins.

Généralement la tourbière est divisée en carrés, chacun étant travaillé par deux hommes : l'un piquant la tourbe et la posant sur le bord de la tranchée ; l'autre chargeant les mottes extraites sur une brouette et les transportant soit à l'atelier de malaxage, soit au terrain de séchage.

Il arrive parfois que le piqueur se trouve à une trop grande profondeur et qu'il ne peut plus déposer directement les pointes sur le bord de la tranchée. On établit dans ce cas un ou plusieurs relais échelonnés sur les gradins. Dans tous les cas, il convient de manipuler les pointes fraîchement extraites avec une grande précau-

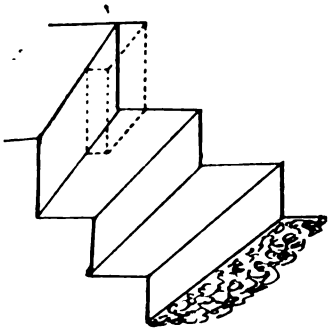


Fig. 2. — Extraction au petit louchet.

tion, car elles se brisent très facilement et le déchet prend rapidement de l'importance.

Grand louchet. — Dans le cas des tourbières de grande profondeur, on emploie le grand louchet (fig. 3 et 4).

Il est constitué par une grande bêche d'une longueur de 1 m à 1,30 m et d'une largeur de 10 à 12 cm et munie

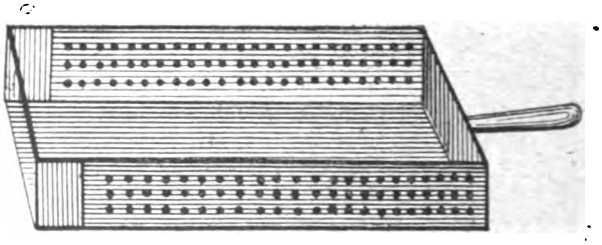


Fig. 3. — Grand louchet.

de deux bords longitudinaux en tôle perforée, perpendiculaires au fer et hauts de 10 à 12 cm également. L'appareil comporte en outre un manche d'une longueur de 5 à 6 m et coulisse entre deux montants verticaux parallèles. Généralement, cet outil nécessite deux hommes pour son maniement.

Il arrive souvent qu'à partir d'une certaine profondeur l'eau fait son apparition. Dans tous les cas, pen-

(1) Pierre Guieu. La tourbe et l'industrie électrique. *R. G. E.*, 8, 22 et 29 décembre 1917, t. II.

(2) E. Dubosc. *Traité complet de la tourbe*, 1870, p. 69.

Digitized by Google

dant la nuit, les tranchées d'extraction sont envahies par l'eau et le matin avant de commencer l'extraction, il convient d'assécher la tranchée. Un moyen primitif consiste à écoper l'eau à la main au moyen d'un récipient quelconque. Ce procédé n'est guère applicable que pour de faibles débits; lorsque la quantité d'eau à évacuer devient importante, il convient d'employer soit une vis sans fin, soit une pompe à main, soit même une moto-pompe.

Les deux tableaux ci-dessous que nous empruntons à l'intéressant rapport de M. Nyström (1) donnent le débit de diverses vis hydrauliques ouvertes ou fermées et la puissance nécessaire pour leur fonctionnement en fonction de leur diamètre.

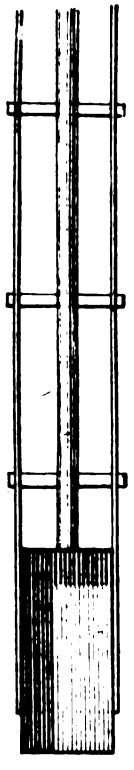


Fig. 4. Grand louchet

Prix de revient de la tourbe extraite au louchet à main. — Les bons piqueurs de tourbe sont très rares aujourd'hui et M. Richemond (2) estime que, contrairement à ce que nous avons publié précédemment (3), le rendement d'un tourbier de bonne moyenne est non pas de 21,500 m³, mais seulement de 8 à 10 m³ par journée de dix heures pour une profondeur d'extraction allant jusqu'à 2 ou 3 m.

En admettant un salaire quotidien de 8 à 12 fr par jour, ce qui est la moyenne à l'heure actuelle, les frais d'extraction au louchet à main d'un mètre cube de tourbe fraîche varient de 0,80 fr à 1,50 fr.

Ce procédé convient donc dans les petites exploitations de campagne où les paysans extraient la tourbe pour le chauffage familial, mais ne saurait être avantageusement appliqué dans les grandes exploitations. Dans celles-ci, en outre, la surveillance du personnel devient très difficile et, les ouvriers étant payés aux pièces, se soucient généralement bien plus du nombre de pointes extraites que de la qualité du combustible.

Aussi souvent, la tourbe se trouve-t-elle mélangée de substances terreuses ou de tourbe mousseuse impropre au chauffage. En outre, les procédés à la main facilitent un certain nombre de fraudes au sujet desquelles on consultera avec intérêt l'ouvrage de M. Challeton de Brughat (4).

Drague à main. — Lorsque la tourbière est complètement submergée et qu'il est impossible de l'assécher, l'extraction à la main s'effectue au moyen de la drague.

La drague à main (fig. 5) est constituée par une sorte d'épuisette composée d'un cercle en acier à bords coupants et d'un filet en corde rendue imputrescible par immersion dans une solution de tannin; parfois le filet de corde est remplacé par un filet métallique. L'outil est pourvu d'un manche de longueur convenable au moyen duquel le tourbier placé sur des planches ou dans un bac retire la matière qu'il déverse dans une brouette ou dans le bac même suivant le cas.

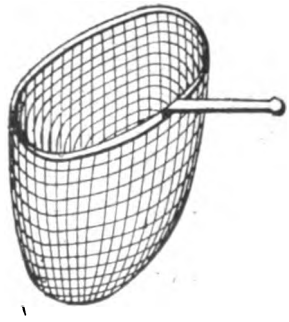


Fig. 5. — Drague à main.

Séchage naturel de la tourbe. — Dans nos précédents articles nous avons surtout étudié le séchage artificiel de la tourbe. Or, il est acquis qu'aucun des

Tableau I. — *Vis hydraulique fermée.*

NUMÉROS	DIAMÈTRE INTÉRIEUR DU CYLINDRE EN MM	DÉBIT EN LITRES PAR MINUTE	PUISSANCE NÉCESSAIRE POUR UNE ÉLÉVATION DE 1 M EN CHEVAUX
1	360-380	543	0,19
2	380-400	741	0,26
3	400-430	889	0,33
4	430-450	1 087	0,39
5	450-460	1 305	0,47
8	460-530	1 908	0,59
10	530-560	2 333	0,76
12	560-600	2 916	1,00
15	600-680	3 954	1,32

Tableau II. — *Vis hydraulique ouverte.*

NUMÉROS	DIAMÈTRE INTÉRIEUR DU CYLINDRE EN MM	DÉBIT EN LITRES PAR MINUTE	PUISSANCE NÉCESSAIRE POUR UNE ÉLÉVATION DE 1 M EN CHEVAUX
1	510-600	2 464	1,00
2	550-640	3 444	1,38
3	640-700	5 320	1,78
4	700-740	6 300	1,98
5	740-790	7 896	2,64
6	790-850	9 380	2,97
7	850-880	10 864	3,49

(1) Nyström. *Tourbe et lignite. Leur fabrication et leurs emplois en Europe*, 1913.

(2) *Bulletin de la Chambre syndicale de la tourbe et du lignite*, nº 1, décembre 1917.

(3) *R. G. E.*, 8 décembre 1917, t. II, p. 900.

(4) Challeton de Brughat. *De la tourbe*, 1861, p. 376.

Digitized by Google

procédés actuellement en usage n'est encore pratique. Dans tous les cas, l'énergie consommée pour ce séchage est beaucoup trop grande. Nous nous proposons donc maintenant d'étudier d'une façon un peu plus approfondie la question du séchage naturel.

Celui-ci peut s'effectuer de deux façons : soit sur des champs d'étendage, soit dans des hangars bien exposés à l'action des vents, cet agent atmosphérique constituant l'un des plus importants facteurs du séchage naturel.

Choix et préparation du terrain de séchage. — Le terrain d'étendage devra être uni de préférence et horizontal. Il conviendra d'enlever les arbres où les buissons qui gêneraient l'action du vent.

La superficie du terrain de séchage doit être suffisante pour n'être utilisée qu'une seule fois au cours d'une même campagne; de cette façon les pointes pourront sécher lentement, ce qui est bien préférable.

En outre, le sol du terrain de séchage doit être absorbant et le terrain lui-même ne doit pas être éloigné de la tranchée d'extraction de façon à réduire au minimum les manutentions.

Généralement, une partie du sol même de la tourbière est réservée au séchage. On a, dans ce cas, un terrain très absorbant lorsqu'il a été asséché par un drainage préalable. Dans ce but, le champ de séchage est d'abord nivelé, puis sillonné de petits fossés parallèles, larges de 30 cm et distants de 10 à 20 m. La figure 6 représente un dispositif assez fréquemment employé.

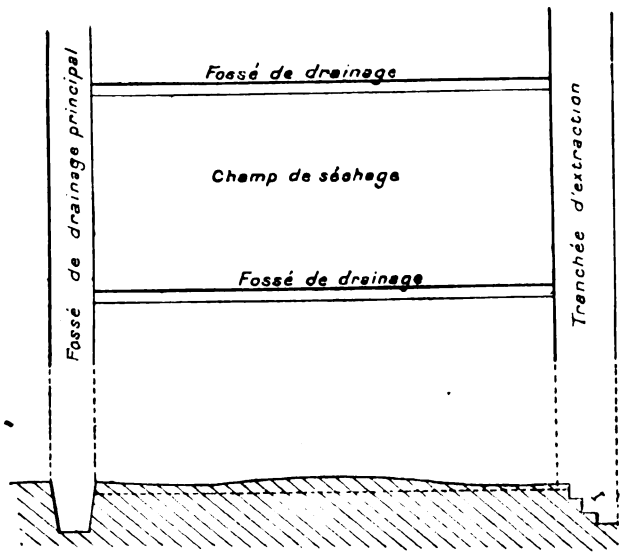


Fig. 6. — Disposition d'un champ de séchage des pointes de tourbe.

Transport des mottes au terrain de séchage. — Dans les petites installations, ce transport s'effectue au moyen de brouettes roulées sur un chemin de planches.

Les brouettes sont du type ordinaire ou mieux à étagères, de façon à éviter l'écrasement des pointes. Celles-ci sont d'ailleurs déchargées avec précaution et il faut bien se garder d'effectuer ce décargement par renversement de la brouette.

Dans les installations importantes, ce transport s'effectue, ainsi que nous l'avons vu précédemment, à l'aide de voies portatives et de wagonnets spéciaux à étagères dont, en France, la maison Pétolat, de Dijon, construit un type parfaitement appropriée à ce genre de manutention.

Dans ce cas, il convient alors d'adopter des dispositions spéciales pour les voies montantes et descendantes.

Nous en examinerons les principales :

Dans les exploitations à faible rendement, on emploie une voie droite unique avec une courte voie de garage (fig. 7). Les wagonnets sont amenés au terrain de

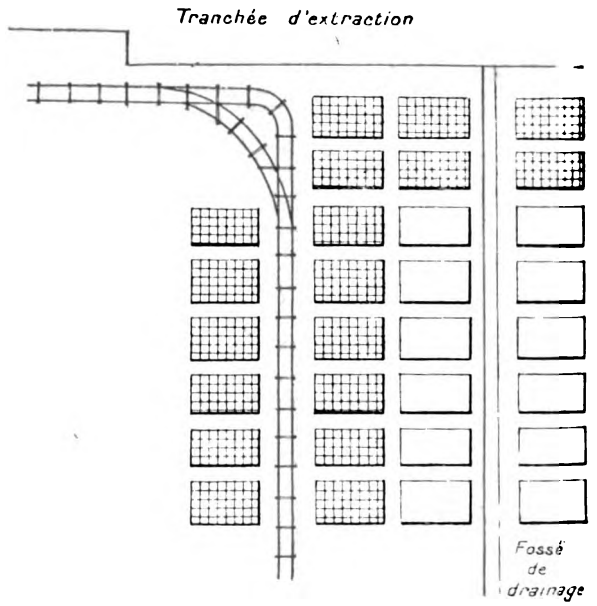


Fig. 7. — Transport de la tourbe du champ de séchage par voie droite simple.

séchage, déchargés à droite et à gauche et ramenés à la voie d'évitement pour laisser le passage à un train ou à un wagonnet suivant. On remarquera sur la figure la disposition des fossés de drainage qui assurent l'assèchement du terrain d'étendage.

Ce procédé ne permet que l'emploi d'un nombre limité de wagons, aussi lorsque le débit de l'extraction est grand, devient-il nécessaire de recourir aux voies circulaires.

La figure 8 représente une voie de ce genre. Ce dispositif permet d'employer un nombre de wagons aussi grand que l'exige l'intensité de la production. Par contre, la longueur de la manutention est augmentée ainsi que la quantité de main-d'œuvre nécessaire.

Les voies sont constituées par des sections facilement démontables, de sorte que, lorsqu'une certaine surface du terrain de séchage a été recouverte, il suffit de rac-

Digitized by Google

courcir deux côtés parallèles d'une section et de poursuivre sur le nouvel espace.

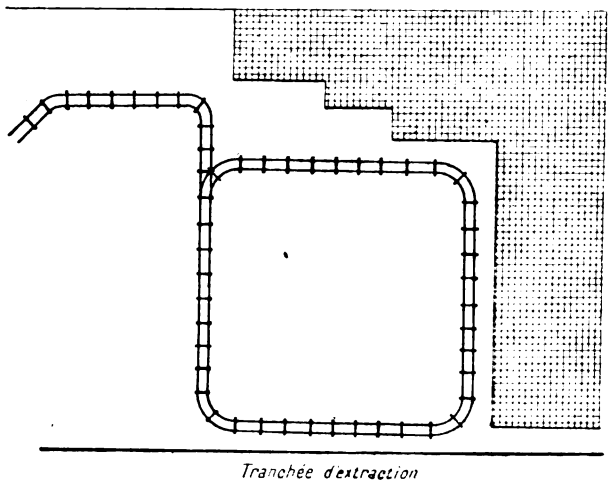


Fig. 8. — Transport de la tourbe au champ de séchage par voie circulaire.

Les figures 9 et 10 montrent deux autres méthodes à voie circulaire. Le fonctionnement de ces procédés est assez clairement expliqué par les figures pour qu'il soit inutile d'insister.

De nombreuses autres méthodes sont encore pratiquées.

Nous citerons particulièrement le dispositif employé à Saint-Olaf (1), Suède.

Le transport des mottes au champ de séchage s'effectue très simplement à l'aide d'un transporteur à palettes que l'on déplace parallèlement à sa direction lorsque le terrain de séchage est couvert de chaque côté. Des appareils de ce genre pourraient d'ailleurs facilement être établis par les constructeurs français.

Séchage artificiel. — Bien qu'aucun des nombreux essais du séchage artificiel n'ait encore donné de résultat pratique, nous examinerons cependant les différentes tentatives effectuées dans ce sens.

Nous donnerons donc ici quelques détails sur les procédés que nous n'avons fait que citer précédemment (2).

Séchoir rotatif Schultz (3). — Le séchoir rotatif Schultz est constitué par un cylindre en tôle incliné à 7° sur l'horizontale et tournant autour de son axe. Les deux bases formant chambres sont reliées par un certain nombre de tubes de 10 cm de diamètre, munis intérieurement de crochets destinés à produire le mélange de la matière à sécher. Le chauffage est assuré par un courant de vapeur pénétrant dans le grand cylindre par un tourillon creux et entourant les tubes.

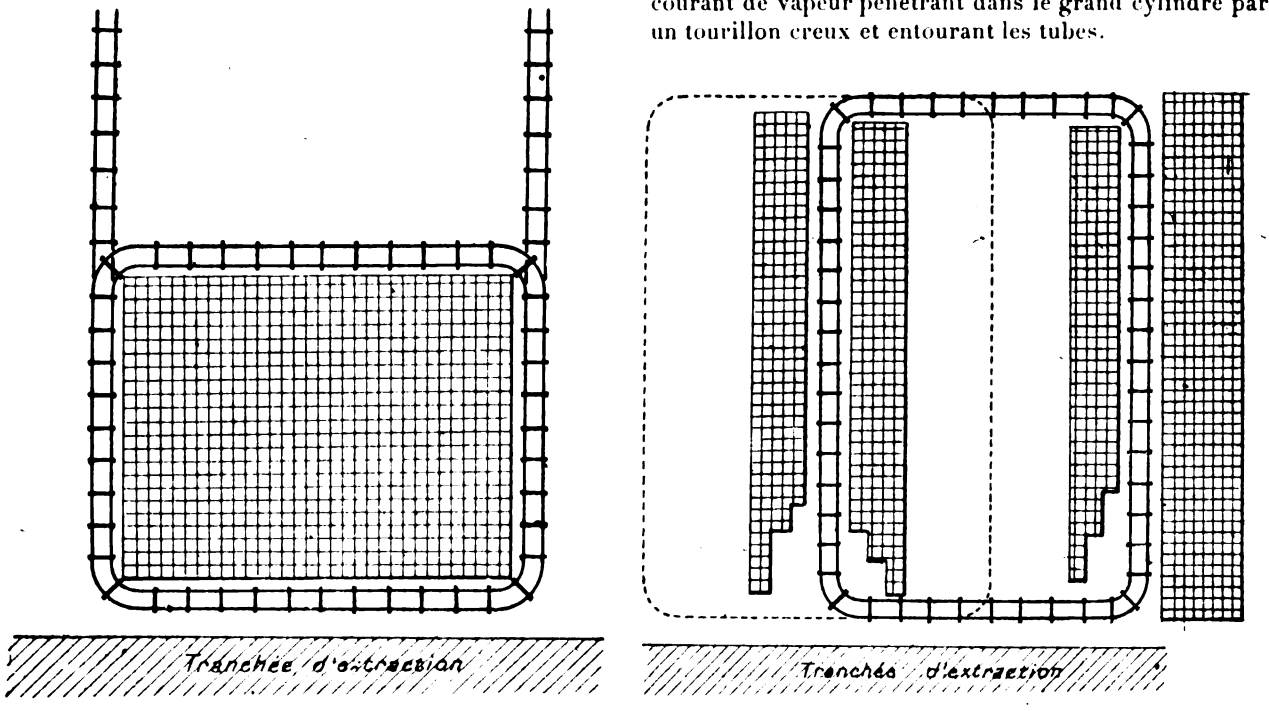


Fig. 9 et 10. — Transport de la tourbe au champ de séchage par voie circulaire.

Ces appareils sont surtout employés pour le lignite. Le rendement d'un séchoir Schultz de 2,80 m de diamètre, de 6,90 m de longueur à 343 tubes (ce qui représente une surface de séchage de 690 m²) est environ de 52 t de matière sèche à 12-18 pour 100 d'humidité par vingt-quatre heures, lorsque la matière brute en contient 50 pour 100.

(1) Nystrom. *Loc. cit.*, p. 112-115.
(2) *R. G. E.*, 8 décembre 1917, p. 906.
(3) Nystrom. *Loc. cit.*, p. 151.

Digitized by Google

Procédé Brune et Horst (1). — Ce procédé consiste à mélanger de la tourbe sèche provenant d'une opération précédente à la tourbe humide et à comprimer le mélange dans des conditions particulières.

Procédé Hirsch (2). — Ce procédé est basé sur l'emploi simultané ou successif de la pression et du vide. Les cellules contenant de l'eau et qui n'ont pas été ouvertes par une compression préalable, reprennent leur forme primitive sous l'effet du vide et sont ouvertes au cours de la compression suivante.

Procédé Kerrinr (3). — Cette méthode est basée sur l'emploi de l'énergie électrique. Une usine utilisant ce procédé a été construite par l'Ostpreussiche Pentan-Werke à Schwenzelmoor près de Tilsitt. On ne possède que peu de renseignements sur les résultats obtenus, mais le fait certain est que le prix de revient de ce procédé en rend l'emploi prohibitif.

La tourbe, malaxée dans un désintégrateur, est déversée dans des moules rectangulaires en bois, de faible hauteur, et dont le fond constitué par un tamis en fil de cuivre joue le rôle de cathode. L'anode est constituée par une épaisse plaque de fer de même surface que le moule.

La surface des moules est de 6,85 m², l'épaisseur de la couche de tourbe de 5 cm, la tension nécessaire de 3 v en été et de 4,5 v en hiver. La consommation de courant atteint 7,36 kw par rangée de 130 moules. L'eau s'écoule dès que le courant passe et au bout de quatre heures la teneur en humidité est abaissée à 80 pour 100. Le séchage se termine par les procédés ordinaires. On voit donc que le résultat obtenu est assez peu en rapport avec la dépense d'énergie qu'il occasionne. Il paraît, cependant, que des perfectionnements apportés à ce procédé lui permettent de produire une tourbe ne contenant plus que 30 pour 100 d'humidité.

Procédé Bessey (4). — Dans ce procédé on emploie également l'énergie électrique pour opérer le séchage de la tourbe. Il est employé dans une exploitation irlandaise à Kilberry et ne semble pas donner de meilleurs résultats que le précédent auquel il est d'ailleurs semblable comme principe ; seul le mode opératoire diffère, la tourbe humide tombant dans une rigole où elle est soumise à l'action du courant. La continuité de l'opération est assurée par un piston animé d'un mouvement alternatif qui pousse la colonne de tourbe à chaque course avant.

(1) A. Anrep. *Recherches sur les tourbières et l'industrie de la tourbe au Canada*, 1913-1914, p. 95.
Brevet canadien n° 137 963 du 23 janvier 1912.
Haanel. Tourbe lignite de houille. *Bulletin de la Direction des Mines*, n° 300. Ministère des Mines du Canada, 1917.
(2) A. Anrep. *Loc. cit.*, p. 129.
Brevet canadien n° 149 597 du 29 juillet 1913.
(3) Nystrom. *Loc. cit.*, p. 174. — Rapport de A. Lawson. *Teknisk Tidoknft*, 1903, n° 42.
(4) Nystrom. *Loc. cit.*, p. 176-177. — Bjorling et Kissling-Peat. *Its use and Manufacture*.

Cette opération est précédée et suivie d'un traitement de la matière à l'hydro-éliminateur, appareil rotatif à pression graduellement croissante.

Carbonisation humide de la tourbe. — Ce procédé, inventé par Ekenberg de Londres, repose sur le traitement par la chaleur de la tourbe brute telle qu'elle est extraite de la tourbière.

Les détails de ce procédé sont tenus secrets jusqu'à présent et nous décrirons simplement, d'après M. Nyström, le principe de ce procédé.

Des expériences de laboratoire préalables avaient montré que la tourbe humide brute chauffée en vase clos à une température de 150° perd sa consistance gélatineuse et par suite peut facilement être privée de son eau par simple pression.

En outre, au cours de cette opération, il se produit une carbonisation partielle de la matière et aucun gaz ne se dégage. Le combustible obtenu peut être facilement mis en briquettes d'un aspect et d'un poids comparables aux briquettes de charbon lorsque des dispositions convenables ont été prises.

L'avantage de la carbonisation humide réside en ce fait que la chaleur dégagée dans le four de carbonisation est transmise uniformément à toute la masse traitée grâce à l'eau que celle-ci contient. On obtient donc une carbonisation très régulière, ce qui n'est pas le cas dans la distillation sèche.

Le tableau III ci-dessous montre les transformations opérées dans la composition centésimale de la tourbe par la carbonisation humide à 170° sous une pression de 8 atmosphères.

Tableau III. — *Effet de la carbonisation humide à 170°C sous une pression de 8 atm. sur la composition d'un échantillon de tourbe.*

COMPOSANTS	TOURBE BRUTE	TOURBE CARBONISÉE	COMPOSANTS	TOURBE BRUTE	TOURBE CARBONISÉE
Carbone...	56 00	69 20	Soufre....	0,59	0,40
Hydrogène.	5 90	6 00	Oxygène..	32,68	28,32
Azote	1 33	1 38	Cendres...	3,50	3,70
Pouvoir calorifique de l'échantillon séché, calories par kilogrammes.....				56,40	62,40

Le tableau IV montre l'effet de la température et de la pression de carbonisation sur la qualité du combustible. On remarquera que le résultat est d'autant meilleur que la température et la pression sont plus élevées.

Le fonctionnement théorique d'une installation de carbonisation humide est le suivant :

La tourbe brute est réduite en pâte dans une machine à macérer Anrep (1), par exemple, et emmaganisée dans des réservoirs jouant le rôle d'accumulateurs où elle est

(1) Voir *R. G. E.*, 8 décembre 1917, t. II, p. 903.

Digitized by Google

Tableau IV. — *Effets de la température et de la pression sur la puissance calorifique de la tourbe carbonisée humide.*

NATURE DE LA TOURBE	PRESSION ATM.	TEMPÉRATURE °C	TENEUR en cendres après carbonisation pour cent	CALORIES par kg de tourbe carbonisée
Tourbe combustible de Stafsjö.....	8	170	3,10	5 880
Id.	25	225	4,41	6 480
Id.	50	320	4,72	6 800
Id.	75	375	6,03	6 870
Tourbe de Majenjanks.....	8	170	3,92	6 230
Mousse de Sphaignes	8	170	4,30	4 710

puisée par une pompe spéciale alimentant la cornue de carbonisation.

Celle-ci (fig. 11) est constituée par un système de

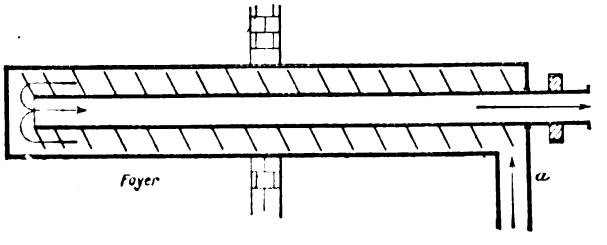


Fig. 11. — Schéma d'un élément de four à carbonisation humide.

deux tubes concentriques, le tube intérieur étant ouvert à ses deux extrémités et portant à sa surface extérieure un transporteur à hélice du diamètre du tube extérieur. Le tube intérieur est, par un dispositif quelconque, animé d'un mouvement de rotation. La moitié correspondant au fond du cylindre extérieur est chauffée par un four.

La pompe d'alimentation envoie, par le tuyau a, la tourbe en bouillie dans le cylindre extérieur. A son arrivée dans celui-ci elle est prise par l'hélice transporteuse qui l'achemine vers l'extrémité du cylindre. Pendant la première partie de son trajet elle se réchauffe par échange calorifique avec la tourbe carbonisée qui sort du tube central. Puis la pâte déjà portée à une certaine température par cette récupération est alors carbonisée pendant son passage dans la partie de la cornue chauffée par le four et sort finalement par le tube intérieur.

Il arrive assez fréquemment qu'il se produit des engorgements du tube central par suite de l'adhérence de la matière carbonisée sur les parois. On évite ces dépôts en introduisant dans le tube intérieur des objets mobiles tels que des barres. Lorsqu'ils se sont formés on peut les détacher assez aisément en mettant la chambre de sortie en communication avec l'atmosphère. La variation de pression produit un déplacement brusque de la matière qui arrache les parties adhérentes.

M. Nils Testrup (1) de Londres a accru le rendement du procédé Eckenberg en réduisant la quantité de chaleur demandée au four. Son perfectionnement est basé sur la remarque suivante :

Dans le procédé de carbonisation humide la tourbe dégage spontanément une grande quantité de chaleur quand elle est portée à une température de 180°. Le dispositif de M. Testrup permet de récupérer cette chaleur et par suite de diminuer la longueur chauffée du tube qui se trouve réduite à un tiers de la longueur totale de la cornue.

Un appareil à carbonisation humide comprend 52 éléments tubulaires analogues à celui décrit ci-dessus, tous les cylindres extérieurs communiquant entre eux et les cylindres intérieurs de même, la longueur des éléments étant de 11 m.

Une installation de ce genre fonctionne à Stafsjö (Suède) où d'intéressantes recherches ont été poursuivies. M. Larson donne les renseignements suivants sur les frais d'exploitation de cette fabrique de briquettes de tourbe carbonisée humide.

La production est estimée à 30 000 t par année de 200 jours, ce qui correspond à 150 t de briquettes par 24 heures. Ce résultat est obtenu au moyen de trois presses.

La force motrice consommée par l'exploitation est ainsi répartie :

6 malaxeurs à tourbe (production totale 200 tonnes par jour), 60 ch l'une.....	360 ch
Appareils de manutention sur la tourbière et dans la fabrique.....	60
6 pompes et élévateurs pour l'alimentation des cornues.....	150
Four à carbonisation humide.....	225
Eclairage (10 heures).....	25
Pertes de transmission (25 % sur 820 ch).....	80
3 presses à briquettes de 100 ch.....	300

La consommation de vapeur est de 10 kg : ch sauf pour les presses où elle est de 12 kg.

La vapeur consommée par l'installation atteint donc ainsi le total de 231 700 kg par 24 heures.

La vapeur étant surchauffée à 385° C et à une pression de 11 atmosphères, l'eau d'alimentation étant supposée à une température de 90° C (vapeur condensée), en admettant un combustible à 5 600 calories par kilogramme et ayant un rendement de 60 pour 100 la consommation de combustible par 24 heures est de 46 t.

Le Dr Ekenberg établit comme suit le prix de revient de la tonne de briquettes de tourbe carbonisée humide pour une production de 2 000 à 3 000 t par an :

Tourbe brute (y compris le combustible consommé dans la fabrique même).....	0,80 fr
Salaire : Extraction et transport.....	2,50
Fabrication.....	3,10
Amortissement et extraction de l'outillage	3,10
Administration et frais divers.....	1,65
Prix de revient de la tonne de briquettes.	10,85 fr

(1) Brevet canadien n° 158165 du 6 octobre 1914.

Digitized by Google

Ce procédé, auquel paraît réservé un grand avenir, est avantageux en ce qu'il permet le travail d'une façon continue pendant la plus grande partie de l'année. Pour être rémunérateur il exige le traitement de quantités importantes de tourbe ; par suite, son application ne peut être entreprise que par des sociétés possédant de vastes tourbières et munies de tout l'outillage mécanique nécessaire à une production intense.

En outre l'extraction de l'eau de la tourbe carbonisée humide ne paraît pas être une opération simple si l'on en juge par le nombre et la teneur des brevets pris à ce sujet.

Procédé Holm. — Un inventeur anglais traite la tourbe séchée à l'air dans des fours spéciaux (1) par un procédé que nous avons simplement signalé précédemment (2). Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus aux essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Résultats des essais effectués sur un échantillon de tourbe carbonisée par le procédé Holm.

Température de carbonisation	250°C	300°C
Poids de tourbe brute (séchée à l'air) avant carbonisation	1 980 kg	1 730 kg
Poids de tourbe carbonisée	1 287 kg	N'a pas pu être déterminé la tourbe ayant subi un commencement de combustion au défournement.
Rendement de la tourbe brute en tourbe carbonisée	64,6 pour 100	
Pouvoir calorifique de la tourbe brute (séchée à l'air)	3 700 cal. par kg.	3 700 cal. par kg.
Pouvoir calorifique de la tourbe carbonisée	5 650 cal. par kg.	5 900 cal. par kg.
Aspect de la tourbe carbonisée	Matière fibreuse presque noire.	Matière fibreuse, franchement noire s'allumant très facilement et brûlant lentement à l'air sans odeur en laissant une cendre presque blanche et très légère.

Procédé G. Galaine, Lenormand et Houlbert (1). — Dans ce procédé, qui a été expérimenté sur des tourbes de Châteauneuf-sur-Rance (Ille-et-Vilaine), la tourbe brute est au préalable traitée à la presse continue système Anrep ou Mabille (50 à 100 kg: cm²) et comprimée en briquettes dont la teneur en humidité n'est plus que de 60 pour 100. Ces briquettes placées sur des wagonnets, les différentes couches étant séparées par des claies, sont introduites pendant 25 minutes, dans les autoclaves chauffés à la vapeur à 160° C. Ces appareils sont disposés d'une façon spéciale qui permet de pousser à un degré élevé la récupération de la chaleur.

A leur sortie de l'autoclave les briquettes peuvent être passées une seconde fois à la presse, bien que cette opération ne soit pas indispensable. Elle sèchent rapidement à l'air jusqu'à une teneur en humidité de 20 à 25 pour 100.

Dans une prochaine étude nous examinerons la fabrication et les emplois de la poudre de tourbe ainsi que quelques nouveaux gazogènes à tourbe à récupération des sous-produits.

Pierre Gueu,
Ingénieur, Ancien élève de l'Ecole de Physique et de Chimie de Paris

Revues, analyses et informations

Transformateurs pour sonneries (3).

Dans ces dernières années, l'emploi des transformateurs pour l'alimentation des sonneries au moyen des réseaux à courant alternatif a pris un certain développement. De petits transformateurs ont été créés par un certain nombre de firmes et quelques modèles sont tout à fait satisfaisants. Il est cependant à regretter que plusieurs modèles, de qualité inférieure, aient été mis sur le marché, ce qui a contribué à discréditer cette catégorie d'appareils. L'objet de l'article est d'étudier la construction, les caractéristiques techniques et les possibilités commerciales des transformateurs pour sonneries.

Construction. — Les caractéristiques relatives à la tension et au courant dépendent de la construction du circuit magnétique. La préférence s'est graduellement portée sur le type blindé plutôt que sur le type à noyau, le premier permettant des fuites moindres et par suite une plus faible chute de tension au secondaire. Les bobines peuvent être cylindriques ou plates, mais il faut prendre grand soin de les disposer de manière à réduire le plus possible les fuites entre les enroulements primaires et secondaires ; sinon les rendements peuvent devenir très faibles. Le rendement ne dépend pas seulement d'ailleurs des fuites de flux, mais aussi de la qualité de tôle utilisée. Dans les cas les plus défavorables où l'on emploie des feuilles de fer ordinaire, les pertes à vide sont comprises entre 2 et 5 w, le courant à vide est très intense et la tension au secondaire tombe au voisinage de zéro pour des charges très faibles au secondaire. Des tôles épaisses de 1 mm et au-dessus ne peuvent pas être

(1) Construits par la maison Breuillé de Paris.

(2) La tourbe et l'industrie électrique. *R. G. E.*, 22 décembre 1917, p. 984.

(3) Wirz (E). *Electrician*, 6 juillet 1917, t. LXXIX, p. 536-539, 6 fig., 3 tab. Extrait du *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, décembre 1916, t. LXIX, p. 317-347.

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, n° 10, 3 septembre 1917.

Digitized by Google

utilisées aux fréquences ordinaires à cause des pertes élevées qu'elles entraînent, et des tôles de moins de 0,25 mm d'épaisseur présentent des difficultés pour l'assemblage et conduisent à un accroissement de prix du transformateur. Les meilleurs résultats sont obtenus avec des tôles de 0,35 à 0,5 mm d'épaisseur.

Afin de réduire la valeur du courant à vide il est nécessaire de faire dans le circuit magnétique les raccords avec le plus grand soin et d'en réduire le nombre autant que possible. De fortes valeurs du courant à vide entraînent des pertes importantes dans la ligne qui peuvent être bien supérieures aux pertes des transformateurs à vide.

Le modèle représenté sur la figure 1 est du type cuirassé et ne possède pas de raccords. Le noyau comprend deux

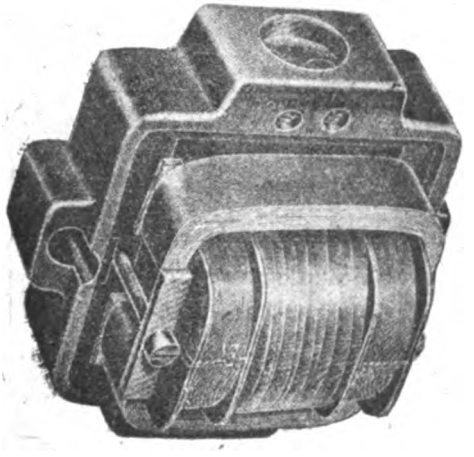


Fig. 1. — Transformateur pour sonneries du type cuirassé.

parties distinctes, formées chacune d'une bande continue de fer enroulée autour des bobines. Les bobines sont plates et disposées de manière que le primaire soit « sandwiché » entre deux bobines secondaires afin de réduire les fuites.

Courant et pertes a vide. — Le courant à vide peut être considéré comme formé du courant réactif nécessaire pour entraîner le flux à travers le noyau et les joints et du courant en phase qui compense les pertes par hystérésis et par courant de Foucault.

Dans la plupart des cas, la densité du flux dans le fer reste comprise entre 6000 et 10 000 lignes de force par centimètre carré, et si le noyau n'est pas trop gros et s'il est constitué par un bon alliage, les ampères-tours nécessaires pour le fer sont faibles et ne conduisent pas à des pertes de cuivre appréciables. Au contraire, s'il existe des joints, le courant d'aimantation est notablement augmenté et peut aller en croissant à mesure que les joints prennent du jeu en service. Des essais effectués sur une paire de transformateurs ont révélé en 1 an 1/2 une augmentation de courant à vide de 15 à 20 pour 100 respectivement. La composante en phase du courant dépend des pertes dans le fer. Quelques techniciens stipulent que les pertes à vide ne doivent pas dépasser 1 w. Cela est possible dans les petits modèles, mais avec des dimensions plus grandes les pertes doivent être spécifiées en fonction de la charge du secondaire. Comme le courant d'aimantation a une influence directe sur la grandeur des pertes à vide, il n'est pas possible de discuter les pertes à vide sans envisager le courant d'aimantation. L'absence de règles précises à ce sujet a conduit à accorder une trop grande importance aux pertes à vide et une trop faible au courant à vide, qui est d'importance prépondérante quand le nombre des transformateurs installés est grand. A ce point de vue les essais de l'auteur ont établi que les fabricants n'accordent pas une attention suffisante au courant d'aimantation qui, dans quelques cas, atteint des valeurs excessives.

La première condition qui doit être satisfaite pour avoir un bon transformateur de sonnerie est donc un faible courant d'aimantation. Ce courant doit être inférieur à 0,025 A et la puissance absorbée ne doit pas dépasser 1 w.

Charge utile et chute de tension. — La tension secondaire est déterminée par les appareils que les transformateurs doivent alimenter et pour les installations domestiques ordinaires les courants varient entre 0,1 et 0,5 A, avec une résistance en charge du secondaire de 4 à 30 ohms en sorte que des tensions secondaires de 3 à 20 v suffiront habituellement. Règle générale, les sonneries peuvent fonctionner entre 5 et 10 v, ce qui détermine une charge du secondaire de 1 à 5 w. Un grand nombre de transformateurs sont incapables de maintenir ces tensions, la tension tombant en charge au voisinage de zéro.

Une autre condition nécessaire pour un bon transformateur de sonnerie est que le rendement η soit supérieur à 50 pour 100 pour des courants de 0,2 à 0,8 A, le rendement maximum étant obtenu pour de faibles courants au secondaire, tels que 0,4 à 0,5 A et le fonctionnement normal ayant lieu pour la position ascendante de la courbe de charge. La chute de tension E doit être faible et, dans le cas des transformateurs des plus petits modèles, ne doit pas dépasser 30 à 35 pour 100 pour des courants de charge de 1 A environ.

Élévation de température. — Un résultat frappant des essais effectués est que l'élévation de température est trop grande, même dans quelques-uns des meilleurs transformateurs, d'où la cause de claquements après de courtes périodes de service. La cause de ce défaut doit être cherchée dans une mauvaise réalisation du circuit magnétique qui comporte trop de joints et dans une section insuffisante des conducteurs en cuivre. Les règles formulées à ce point de vue par l Institution des ingénieurs électriciens allemands précisent que les transformateurs pour sonneries ne doivent pas présenter une élévation de température supérieure à 100° en court-circuit permanent. Cette condition nécessite une surface rayonnante de 12 à 18 cm² : w avec aération convenable et, bien que dans plusieurs cas étudiés par l'auteur la surface rayonnante fût comprise entre 4 et 15 cm² : w sans couvercle, l'élévation de température était excessive, même dans les modèles présentant les surfaces les plus étendues, aussitôt qu'on fixe le couvercle, surtout lorsque le couvercle est en porcelaine. Aussi quelques constructeurs préconisent-ils l'emploi de fusibles pour mettre les transformateurs hors circuit sur le primaire ou sur le secondaire, après que la durée d'un court circuit a dépassé un temps déterminé et quelques modèles sont pourvus de résistances intérieures afin de limiter le courant de court-circuit. De tels dispositifs ne sont pas recommandables et il vaut mieux rendre impossibles les trop fortes élévations de température à l'aide d'une construction convenable. Dans plusieurs cas les essais ont indiqué une élévation de température trop élevée en court-circuit ; en fait, le transformateur claquait parfois après un fonctionnement de 20 minutes seulement. Il est recommandé de ne pas mettre en service des transformateurs pour lesquels l'élévation de température dépasse

Digitized by Google

100° C après plusieurs heures de fonctionnement en court-circuit, ce qui peut être obtenu grâce à de faibles densités du courant dans les enroulements et une bonne circulation d'air. Il faut éviter autant que possible les couvercles hermétiquement scellés et les couvercles de métal sont préférables aux couvercles de porcelaine. Les couvercles en aluminium donnent les meilleurs résultats.

Isolement. — L'isolement est le facteur prépondérant pour savoir si un transformateur pour sonnerie peut être sans danger connecté sur le circuit d'énergie. L'enroulement primaire, en particulier, doit être particulièrement bien isolé. Dans la plupart des modèles, l'isolement de la monture a été trouvé suffisant, mais l'isolement du primaire par rapport au secondaire ne permettait pas de toucher impunément l'appareil du côté du secondaire. Un transformateur pour sonneries devrait pouvoir supporter l'application permanente d'au moins 1 000 v entre le primaire et le secondaire et quelques compagnies d'énergie électrique spécifient 3 000 v et même parfois davantage. Si la substance de l'isolement est hygroscopique, celui-ci supporte parfois des essais pendant un temps relativement court surtout lorsque le transformateur est neuf, mais il peut claquer après une application continue de la tension d'essai. On suggère donc que 3 000 v doivent pouvoir être appliqués pendant dix minutes, et 1 000 v pendant des périodes plus longues. Les séries de transformateurs étudiés par l'auteur ont claqué sous des tensions comprises entre 550 et 4 260 v, la plupart ne résistant pas aux tensions comprises entre 1 500 et 1 800 v.

Prix de revient. — Les tableaux I et II permettent de comparer le coût du fonctionnement des sonneries par les piles et par les transformateurs. Le tableau I donne la capacité *AH* en ampères-heures des piles pour un fonctionnement intermittent, la durée moyenne *H* en heures sous des charges de 0,2 à 0,5 A et l'énergie totale moyenne fournie *W-H* en watts-heures sous des charges intermittentes. Les colonnes suivantes indiquent le prix de revient initial K_1 des piles le coût approximatif de l'entretien (K_2), et enfin le coût annuel total d'une pile (K_3) et d'une batterie de 2 à 5 piles (K_4).

Le tableau II donne le prix de fonctionnement des transformateurs de sonneries de deux types distincts, le plus mauvais et le meilleur des séries étudiées, qu'on a désignés respectivement par C et D. Le prix du kilowatt-heure est évalué à 40 et 60 centimes et les prix ont été calculés dans l'hypothèse que les sonneries sont en service pendant 5, 10 et 20 minutes par jour, ce qui correspond à 30, 60 et 120 heures environ par an. Le tableau montre que le prix est principalement déterminé par les pertes à vide. Il apparaît que le plus mauvais transformteur ne conduit pas à un prix annuel notablement supérieur à celui d'une batterie de 3 à 5 piles et que le type D est plus économique qu'une batterie dont le prix d'entretien est supérieur à celui d'un transformateur. Il ne faut d'ailleurs pas oublier qu'en faisant porter les comparaisons sur une série d'années, on verrait que l'entretien de la batterie irait en croissant d'année en année et pourrait atteindre, la seconde année, 4 à 5 fois la valeur admise pour la première année, si l'on tient compte de l'usure de la batterie. Le prix initial du transformateur (de 14 à 24 fr) n'est pas très supérieur à ceui de la batterie.

A. B.

Tableau I. — *Coût du fonctionnement avec pile.*

TYPE DE PILE		DIMENSIONS EN CM	FORCE ÉLECTROMOTRICE EN VOLTS	INTENSITÉ DU COURANT EN AMPÈRES	CAPACITÉ EN AMPÈRES-HEURES	VIE MOYENNE EN HEURES	CAPACITÉ EN WATTS-HEURES	K_1 FRANCS	K_2 FRANCS	K_3 FRANCS	K_4 FRANCS
Leclanché	petit modèle.....	16×9	1,55	0,14	10	50-20	9-10	1,75-1,95	1,00-2,50	2,0-3,5	4,0-12,0
	grand modèle.....	24×10		0,20	22	110-44	16-18	2,70-3,00	1,25-2,25	2,5-4,0	4,8-15,0
Pile sèche	petit modèle.....	9×6	1,5	0,1-0,5	23	115-46	20-35	1,4 -2,2	1,40-2,20	2,2-3,2	3,5-12,0
	grand modèle.....	17×7,5		0,2-1,0	70	350-140	60-100	2,0 -2,8	2,00-2,80	2,5-3,3	4,0-16,0

Tableau II. — *Coût du fonctionnement avec transformateur.*

TYPE	MARCHE A VIDE			COÛT PAR KW-H EN CENTIMES	PERTES A VIDE	POUR UNE CHARGE DE 0,2 A 0,5 A ET POUR UNE DURÉE QUOTIDIENNE DE SERVICE DE			COÛT TOTAL ANNUEL POUR UNE PÉRIODE QUOTIDIENNE DE SERVICE DE		
	watts	amp.	kw-h			5 minutes	10 minutes	20 minutes	5 min.	10 min.	20 min.
C	1,39	0,106	12,18	40	4,88	0,043 -0,091	0,085-0,183	0,17 -0,365	5,00	5,1	5,25
				60	7,39	0,064 -0,137	0,128-0,274	0,256-0,55	7,55	7,65	7,95
D	0,55	0,0131	4,825	40	1,93	0,0274-0,061	0,055-0,122	0,11 -0,245	2,00	2,05	2,20
				60	2,82	0,041 -0,091	0,082-0,183	0,165-0,265	3,00	3,10	3,30

Digitized by Google

Sur la mesure de la viscosité des huiles.

Cette mesure présente dans l'industrie un intérêt que beaucoup d'industriels sont les premiers à reconnaître. Aussi les procédés de mesure sont-ils l'objet de nombreuses recherches faites principalement en vue d'en simplifier l'application. Il y a quelques mois nous décrivions dans ce journal (1) le procédé Dubrisay, d'après une communication faite à la Société française de Physique; dans une récente communication à la même société, faite à la séance du 19 avril, M. C. Chéneveau est revenu sur cette question; voici le compte rendu de cette communication et des remarques faites par M. de Chardonnet à son propos.

Sans méconnaître, industriellement parlant, l'intérêt d'appareils permettant de comparer les huiles au point de vue de leur frottement interne, il est facile de montrer que des dispositifs très simples peuvent donner directement le coefficient de viscosité d'une huile en unités C. G. S. De sorte qu'on ne voit pas pourquoi l'industrie n'adopte pas la donnée scientifique, du moment qu'elle est facilement mesurable, au lieu de s'appuyer sur la détermination de valeurs empiriques relatives différentes qui ne permettent pas de comparer entre eux les divers résultats.

La meilleure méthode de mesure de la viscosité d'une huile est, de l'avis de M. Chéneveau, la méthode d'écoulement par un tube capillaire.

Elle est basée sur la loi de Poiseuille et l'on peut réaliser un dispositif simple, formé en principe par une pipette terminée par un tube capillaire, à l'abri des erreurs inhérentes à la méthode qui donne directement le coefficient de viscosité d'une huile à 1 pour 100 près au moins. Si l'on fait écouler entre deux repères un certain volume de liquide de densité ρ, l'écoulement durant T secondes, on peut en effet déduire, de la loi de Poiseuille, que le coefficient de viscosité est

$$\nu = AT\rho.$$

La constante A peut être facilement connue par un étalonnage préalable de l'appareil, ses dimensions étant convenablement choisies pour que la durée d'écoulement ne soit pas trop longue et que le régime d'écoulement soit convenable.

Hors les huiles, un tel dispositif peut s'appliquer à d'autres liquides, les dimensions du tube capillaire variant avec la viscosité; mais il ne faut pas plus de quatre modèles pour faire la mesure de la viscosité de liquides compris entre l'essence, par exemple, et l'huile de ricin.

On voit que la densité intervient dans la formule précédente, et n'est pas, comme on le dit improprement, un facteur de correction, lorsqu'on ne tient compte que des temps d'écoulement; elle peut se déterminer facilement, même pour des liquides très visqueux, avec la balance densimétrique à lecture directe (2).

Enfin, en entourant la pipette d'un manchon dans lequel on fera écouler l'eau des conduites de la Ville, chauffée ou refroidie au besoin, on peut avoir des températures différentes et constantes. Il ne faut pas oublier que toute la précision de la mesure vient principalement de la connaissance exacte de la température.

Le modèle peu coûteux, montré à la Société et réalisé par M. Berlemont, donne, pour l'huile d'olive pure, $\nu = 0.99$ à 15° C., nombre identique à celui signalé par M. Brillouin et obtenu par la méthode de la bille (1).

Cette méthode de la bille, si elle est exacte dans le cas considéré, donne également directement le coefficient de viscosité et tient compte aussi, en toute rigueur, de la densité.

Il parait donc nécessaire que disparaissent des données relatives (temps d'écoulement ou volumes écoulés) et qu'on les remplace par les valeurs absolues du coefficient de viscosité, plus exactes et aussi commodes à obtenir et à employer.

Il serait également souhaitable que, d'un commun accord entre savants et ingénieurs, toutes les données physiques relatives aux densités et aux indices de réfraction ou à d'autres propriétés soient uniformisées.

M. de Chardonnet, tout en appréciant à sa juste valeur l'intéressante communication de M. Chéneveau, fait remarquer que cette méthode, comme plusieurs autres précédemment indiquées, ne s'applique qu'à des liquides dont la faible viscosité leur permet de s'écouler à travers un tube capillaire sous quelques centimètres de pression.

Souvent, au contraire, on peut avoir besoin d'essayer des liquides épais et visqueux, ou même des graisses consistantes; dans ce cas, il faut faire intervenir une pression plus ou moins énergique pour obtenir un écoulement régulier; cette pression donne, par elle-même, une mesure exacte de la viscosité.

M. de Chardonnet cite pour exemple le collodion épais servant à filer la soie artificielle. L'écoulement de ce collodion se fait sous une pression de 40 à 50 atmosphères par des tubes capillaires de 1 à 3mm de longueur et de $\frac{7}{10}$ à $\frac{11}{10}$ de millimètre de diamètre.

Ce diamètre est mesuré exactement au micromètre et détermine la longueur du tube capillaire d'après une table dressée expérimentalement. On arrive ainsi à une compensation entre la longueur et le diamètre du capillaire, laquelle assure, pour une pression donnée, un débit égal de chacun des tubes d'un atelier de filature, alignés par dizaines de mille.

M. de Chardonnet recommande cette méthode, sanctionnée par trente ans d'expérience, aux savants et aux industriels qui auront à étudier des liquides très visqueux.

Cette mesure par la pression d'écoulement s'applique d'ailleurs de même aux liquides de faible viscosité à condition de diminuer le diamètre du capillaire et surtout d'augmenter sa longueur.

L'utilisation des tramways pour le transport des marchandises.

Cette utilisation des tramways a donné lieu à de nombreuses études, mais à un petit nombre d'applications. Nous estimons donc intéressant de signaler l'application suivante, que relate le « Bulletin de la Chambre de Commerce d'Orléans » et qui a été réalisée à Marseille.

« *Installations.* — Le tramway pénètre dans la gare de Marseille-Prado par l'une des entrées de voitures et le trolley est prolongé jusqu'à l'extrémité du chantier de transbordement. Ce chantier comprend une seule voie de tramway accolée à une des voies de la gare.

(1) Procédé Dubrisay pour l'essai de viscosité des huiles de graissage. *R. G. E.*, 29 décembre 1917, t. II, p. 1029-1030.

(2) C. Chéneveau, *Journal de Physique*, 5e série, t. VI, p. 103.

(1) *Tables de Constantes de la Société française de Physique*, 1913, p. 107.

Digitized by Google

» En dehors de la gare, les usines que dessert le tramway sont raccordées aux voies du tramway par embranchement particulier ou bien les wagons leur sont livrés sur des voies de garage établies en certains points de la ville ou sur les terminus de certaines sections.

» *Organisation du service.* — Le service d'échange dans la gare entre les tramways et le chemin de fer ne fonctionne que pendant le jour ; il en est de même, en conséquence, du service de camionnage.

» Les convois comprennent, au maximum, deux wagons remorqués pour une voiture motrice. Il en résulte un grand nombre de mouvements d'entrées et de sorties, qui doivent être effectués sans gêne pour la gare.

» La manutention dans la gare est faite, pour tous les clients, par un même entrepreneur à des prix variant avec la nature de la marchandise.

» Les convois de marchandises sont intercalés entre les convois de voyageurs.

» La manutention à l'usine incombe à l'embranché ; elle doit être effectuée dans un délai d'une heure.

» On utilise le tramway non seulement pour les relations avec la gare, mais aussi pour les transports, soit entre les usines, soit avec les chantiers, soit avec le port. Ces transports qui n'intéressent pas la gare, peuvent s'effectuer la nuit, quand le service des voyageurs est suspendu, et on a, dans ce cas, la faculté de charger et de décharger en pleine voie.

» *Importance du trafic.* — Le tonnage journalier ainsi transporté serait d'environ 400 t. Le transport des ciments d'Aubagne, notamment, donne lieu à un courant régulier qui représente annuellement une cinquantaine de mille tonnes.

» *Tarifs.* — Les tarifs perçus décroissent avec la distance, de 0,35 fr à 0,27 fr : t et comportent une réduction lorsque les deux parcours se font à charge. Une convention est passée avec chacun des clients individuellement. »

Notes pratiques

Récupération par électrolyse du cuivre des bains de décapage. — D'après le « Bulletin des Usines de guerre » (1), cette opération est opérée dans certains établissements de l'artillerie dans les conditions suivantes :

Comme générateur de courant on utilise une dynamo dont la différence de potentiel aux bornes est de 10 à 12 v et pouvant fournir une intensité de courant variable suivant les besoins ; un petit tableau comportant un voltmètre et un ampèremètre complète l'installation électrique.

L'électrolyse s'effectue entre des anodes et des cathodes disposées comme l'indiquent les figures. Deux cadres en bois goudronné B, B, parallèles et distants de 10 cm. sont

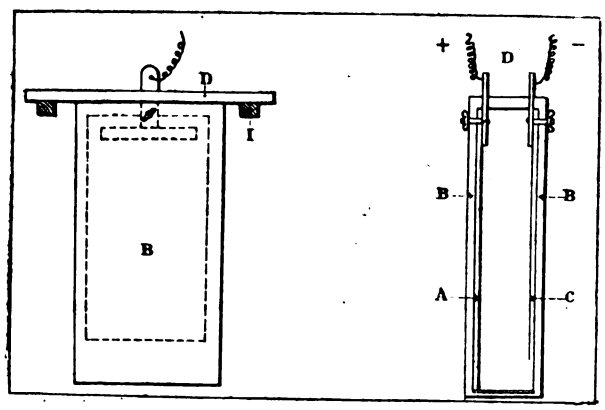


Fig. 1.

réunis, par le haut, au moyen d'une planche D dépassant de chaque côté de la longueur suffisante pour permettre d'appuyer le dispositif sur les bords de la cuve, et par le bas au moyen d'une autre planche ne dépassant pas les cadres et simplement destinée à maintenir l'écartement de ceux-ci. Sur l'un des cadres est fixée une feuille de plomb A formant anode ; sur l'autre, une feuille mince de cuivre rouge C formant cathode.

On dispose les cadres dans les cuves en commençant par une des extrémités et en ayant soin que l'isolation entre l'appareil et la cuve soit aussi parfaite que possible. Cette isolation est assez difficile à maintenir en raison des sels qui, au bout d'un certain temps, se déposent un peu partout ; il convient de nettoyer souvent les isolateurs en porcelaine I soutenant les cadres à électrodes.

Tant que le bain est riche en cuivre, le dépôt de cuivre est dur et compact ; ce dépôt devient pulvérulent quand la richesse du bain est trop faible. Dans le premier cas, il forme souvent sur la cathode des cônes et il faut veiller à ce que ceux-ci ne viennent pas mettre en court-circuit la cathode et l'anode ; dans le second, le dépôt tombe au fond de la cuve et il faut prendre soin que, en s'y amassant, il ne donne lieu à des courts-circuits.

A titre d'exemple des résultats obtenus voici les valeurs trouvées pour les teneurs, en cuivre et en zinc d'un bain, exprimées en grammes du métal par litre du liquide, avant et après électrolyse :

	Cu g : l	Zn g : l
Avant électrolyse.....	55	12
Après électrolyse.....	2	8

Ajoutons qu'une installation de récupération de six cuves, prenant 300 à 400 A, est employée à l'École de Pyrotechnie de Bourges (1) ; on y récupère de 100 à 120 kg de cuivre par jour ; les bains électrolysés sont de nouveau utilisés pour le décapage. — J. R.

(1) *Bulletin des Usines de guerre*, 18 juin 1917, p. 64.

(1) *Bulletin des Usines de guerre*, 15 octobre 1917, p. 198-199.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Congrès général du Génie civil (*Suite*)

TRAVAUX DE LA SECTION X

Les travaux de la section X se composent de dix rapports que nous analyserons tous, sauf celui de M. Raoul de Clermont sur « Une étude législative sur l'urbanisme et l'art public » qui n'a pas de rapports avec les branches de l'industrie qui nous intéressent.

Projet de mobilisation du crédit de la propriété foncière par le moyen de l'obligation hypothécaire au porteur, plus connue sous le nom de « grosse au porteur » (1).

M. Adolphe de Pianelli après avoir montré que, pour permettre le développement économique et industriel de la France après la guerre, il faudra des capitaux et du crédit, examine quelles sont nos ressources financières.

Notre fortune mobilière est aujourd'hui encore — contrairement à ce qui est depuis longtemps chez toutes les nations modernes — l'unique source de nos disponiblités actives et est l'unique soutien de notre vie agricole, industrielle et commerciale. Elle était évaluée avant la guerre à environ 115 milliards ; depuis elle a été allégée d'environ 45 milliards et serait insuffisante pour répondre aux besoins si on ne faisait appel à notre fortune immobilière évaluée à 120 ou 140 milliards.

Le rapporteur décrit les moyens employés à l'étranger et en particulier en Allemagne, en Angleterre et en Argentine pour utiliser la richesse foncière et expose les résultats qui en ont été la conséquence.

L'état de notre législation actuelle ne nous permet pas d'avoir recours aux procédés employés en Angleterre et en Allemagne, mais nous possédons dans notre législation régissant le droit de propriété et d'hypothèque, deux instruments légaux se prêtant à la mobilisation de l'inscription hypothécaire : 1° la grosse nominative ; 2° la grosse au porteur.

Le premier de ces instruments a été amplement utilisé par le Crédit Foncier de France qui l'utilise encore autant que possible, le second ne l'a pas encore été, pour des raisons qui s'attachent à des intérêts particuliers corporatifs et professionnels, plus qu'à des intérêts économiques, généraux et permanents.

Le rapporteur expose le système employé par le Crédit Foncier qui a fini par ne plus jouer actuellement que le rôle de prêteur et montre l'inertie de son instrument hypothécaire à forme nominative qu'il faut remplacer par un instrument plus souple : la grosse au porteur négociable et transmissible de la main à la main.

La grosse au porteur constitue, en effet, un titre complet, effectuant la transmission du droit de créance, sans autre formalité que l'énonciation, dans l'acte de mainlevée, que la grosse a été représentée au notaire rédacteur de l'acte et qu'il a été fait mention de la mainlevée. Pour faciliter, le cas échéant, les formalités de purge et les notifications légales, il est loisible de stipuler, au contrat, cette autre formalité très simple qu'à chaque changement de main de la grosse, le cessionnaire devra notifier, par lettre chargée, au notaire, le nom et l'adresse du nouveau détenteur. Pour simplifier le titre d'obligation à jeter dans la circulation, l'origine de la propriété gagée sera établie dans la minute de l'acte ou dans un acte à part. M. Adolphe Pianelli montre tous les avantages que présenterait ce système en unissant intimement la propriété foncière et l'industrie nationale. Un propriétaire engageant un crédit sur sa propriété, crédit qui par le moyen de la grosse au porteur ne lui coûtera à lui qu'un intérêt de placement de 5 pour 100, pourra recevoir en retour comme dividende industriel ou comme participation un intérêt de 7, 8, 9, 10 pour 100 et quelquefois plus. L'industrie de son côté sera favorisée par la solidité et la fixité du capital foncier.

La grosse au porteur présente plus d'avantages que le chèque. Le chèque part d'un dépôt de valeurs en banques et circule de main en main sans qu'on ait à se préoccuper de la solvabilité des différentes mains par lesquelles il a passé, mais on peut abuser du dépôt. La grosse au porteur, au contraire, part d'une inscription hypothécaire authentique, à gage inamovible dont on ne peut abuser, et peut, comme le chèque, circuler de main en main sans que le détenteur ait à se préoccuper de la solvabilité des mains qui l'ont détenue.

Les garanties de fonds et les formalités de procédure nécessaires sont assurées par la banque émettrice, première requérante. C'est elle, en effet, qui procède ou fait procéder à l'expertise de l'immeuble gagé en compétition avec le propriétaire. Les garanties, dans l'exécution de l'expertise, sont aussi complètes que possible, puisque l'expertise est faite contradictoirement, sur la base des intérêts contraires : ceux de la banque et ceux du propriétaire de l'immeuble gagé. C'est la banque qui décharge le notaire de toute responsabilité et se porte garante de toutes les transactions opérées sur le titre immobilier, au cours de son circuit.

(1) Rapport de M. Adolphe de Pianelli.

Digitized by Google

Comme conclusion au rapport de M. Adolphe de Pianelli, la sous-section de législation du Congrès général du Génie civil propose au Congrès :

1° De donner la plus grande publicité possible au système de valorisation du crédit de la propriété foncière par le moyen de la grosse au porteur dit système Pianelli ;

2° D'user de toute son action et de toute son influence auprès des pouvoirs publics et de la corporation des notaires, pour que la grosse au porteur, cet instrument de crédit que la loi et la jurisprudence tiennent à la disposition du public, reçoive toute l'extension désirable.

La sous-section émet en outre le vœu :

1° Que l'exercice de la banque immobilière et hypothécaire soit libre à l'égal de celui de la banque mobilière ;

2° Que, pour mieux assurer l'emploi, la circulation et la négociation de la grosse au porteur, cet instrument d'une puissance et d'une fécondité non douteuses, dont les instruments similaires ont fait leurs preuves à l'étranger, il soit apporté à nos lois spéciales des modifications permettant :

3° Que les grosses au porteur soient rédigées sur formules imprimées, avec espaces en blanc pour recevoir les noms, prénoms, domiciles, adresses, clauses, conventions et énonciations particulières ;

4° Que le bénéficiaire de la grosse au porteur puisse être dispensé de remplir l'ensemble des formalités et d'observer tous les délais présents, en ce qui concerne la saisie immobilière, de telle sorte que les parties puissent déroger auxdites formalités et ne pas observer lesdits délais, ainsi que la faculté leur en était reconnue antérieurement à la loi du 2 juin 1841 ;

5° Que la création et la circulation de la grosse au porteur soient affranchies de toute perception au profit du Trésor pour toutes les sommes au-dessous de 100 fr ;

6° Qu'en conséquence, l'article 742 du code de procédure civile soit abrogé et remplacé ainsi qu'il suit :

Toute convention portant que les droits du créancier pourront être exercés par le porteur lui donnera, quant à l'inscription des hypothèques et à leur purge, les privilèges réservés au Crédit Foncier de France, par les lois spéciales à cet établissement.

Le rapport de M. Adolphe de Pianelli est suivi d'un modèle de grosse au porteur.

La protection des marques collectives (1).

La question de la protection des marques collectives est une de celles qui intéressent le plus la production et le commerce français. Nous avons publié sur ce sujet un article de M. Taillefer (*R. G. E.*, 7 juillet 1917, t. II, p. 29) et nous avons analysé le rapport de M. Paul Ribeyre, député sur : 1° le projet de loi sur les marques de fabriques et de commerce (titre V : marques collectives) ; 2° la proposition de loi de M. Albert Hauet concernant les marques collectives de fabrique et de commerce ; 3° la proposition de loi de M. Henri Lémery et plusieurs de ses collègues ayant pour objet la protection des produits d'origine française : *a*) sur le territoire national ; *b*) sur le marché étranger (voir *R. G. E.*, 14 et 21 juillet 1917, t. II, p. 71 et 113). M. F. Mainié analyse et commente le projet de loi de M. Hauet, aussi nous n'insisterons pas sur son rapport. Sa conclusion d'ailleurs est que le parti le plus sage est d'approuver le projet présenté par le gouvernement. Les critiques dont il peut être l'objet ne portant pas sur des points capitaux, il y aurait lieu de craindre qu'en s'y livrant on ne contrarie et on ne retarde le vote très probablement favorable du Parlement.

(1) Rapport de M. F. Mainié.

Formule à proposer pour la réforme du régime institué par la loi du 30 mars 1900 (1).

Pour faciliter l'apprentissage à l'atelier patronal, il importe d'amender la loi du 30 mars 1900 dans un sens libéral, tout en maintenant la limitation de durée du travail au profit de l'enfance.

L'article premier de la loi de 1900 unifiait par paliers en deux étages dans un délai total de quatre ans la durée du travail des femmes et des enfants, en passant de onze à dix heures ; l'article 2 étendait aux hommes adultes cette réduction de la durée du travail dans les ateliers qui occupaient un personnel mixte, c'est-à-dire simultanément des hommes, des femmes et des enfants.

Depuis le 31 mars 1904, les délais et mesures transitoires sont devenus sans objet, ils ont été supprimés lors de la codification des lois relatives au travail, et l'article 2 de la loi du 30 mars 1900 est devenu, après une modification de pure forme introduite par la loi du 4 mars 1913, l'article 7 du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale ainsi conçu :

« Toutefois, dans les établissements énumérés à l'article premier qui emploient dans les mêmes locaux des hommes adultes et des personnes visées par l'article 14, la journée de ces ouvriers ne peut excéder dix heures de travail effectif. »

Les établissements visés par l'article premier du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale sont : « les usines, manufactures, mines, minières et carrières, chantiers, ateliers et leurs dépendances, de quelque nature qu'ils soient, publics ou privés, laïques ou religieux, même lorsque ces établissements ont un caractère d'enseignement professionnel ou de bienfaisance » ; ne sont exceptés que les établissements où ne sont employés que les membres de la famille sous l'autorité soit du père, soit de la mère, soit du tuteur.

Les personnes visées par l'article 14 sont : « les enfants, ouvriers et apprentis de moins de 18 ans et les femmes. »

En résumé, la durée du travail des hommes adultes est réduite à dix heures toutes les fois qu'ils travaillent avec des enfants dans les mêmes locaux.

Le rapporteur examine les différentes solutions qu'on

(1) Rapport de M. Maurice Bellom.

Digitized by Google

pourrait envisager pour remédier à cette situation. L'abrogation de la disposition législative qui réduit à dix heures le travail des hommes adultes dans le cas de la présence d'enfants ne serait pas acceptée par le Parlement, d'autant plus que ce dernier a émis un vote, le 4 juillet 1912, pour réduire à dix heures la durée normale de la journée de travail des hommes adultes.

Un député, M. Varlot, a présenté à la Chambre une proposition de loi relative à l'organisation de l'apprentissage qui vise une réforme de la loi de 1900; dans l'exposé des motifs, il est dit : « considérant que la loi du 30 mars 1900 a été l'une des causes récentes de la désertion et de la décadence de l'apprentissage dans un certain nombre d'industries, il nous a paru indispensable de faciliter le travail en commun des ouvriers et des apprentis en procédant à une légère retouche de l'article 7 du livre II du Code du travail) visant la durée du travail ». De là le texte suivant proposé par M. Varlot pour cet article :

« Si, en dehors des hommes adultes, ne sont employés dans les locaux que des apprentis suivant les cours professionnels, la journée de ces hommes adultes ne sera soumise qu'à la limite fixée à l'article 6 (12 heures pour le maximum de la durée du travail), à la condition que le temps consacré aux cours professionnels soit compté dans la durée du travail journalier des apprentis. »

M. Maurice Bellom montre que cette proposition a l'inconvénient de subordonner l'amendement du régime actuel à l'institution et à la fréquentation de cours professionnels, prévus par un autre article. Il lui semble qu'il serait préférable de procéder autrement. Il suffirait d'utiliser la procédure réglementaire offerte par l'application de l'article 8 du livre II du Code du travail qui prévoit que « des règlements d'administration publique déterminent les exceptions qu'il est nécessaire d'apporter aux dispositions des articles 6 et 7 à raison de la nature des industries ou des causes de force majeure. » On pourrait ainsi obtenir la prolongation de la durée du travail lorsque les circonstances viendraient à l'exiger.

Les industries peuvent se diviser en deux catégories, celles où la durée normale du travail est de dix heures, et celles où elle excède normalement cette durée.

Pour les premières, il suffirait que la dérogation à l'interdiction d'un travail prolongé au delà de dix heures s'applique à des cas exceptionnels de force majeure qui ne se présentent que pendant un nombre limité de jours par an.

Pour les secondes, c'est la nature des industries qui peut faire obtenir à titre normal la prolongation de la journée de travail et la solution pourrait être donnée par l'addition au décret du 28 mars 1902 d'un paragraphe supplémentaire.

Comme conclusion à son étude, M. Maurice Bellom a proposé que le Congrès émette le vœu, par application de l'article 8 du livre II du Code du travail et de la prévoyance sociale :

1° Qu'un règlement d'administration publique intervienne dans les termes suivants :

ARTICLE PREMIER. — Tout chef d'entreprise qui désire, par dérogation à l'article 7 du livre II du Code du travail et de la prévoyance sociale, employer dans les mêmes locaux des hommes adultes et des personnes visées à l'article 14 du livre précité, doit adresser à l'inspecteur divisionnaire du travail une déclaration spécifiant que la journée normale du travail effectif n'excède pas dans son exploitation une durée de dix heures.

ART. 2. — Cette déclaration vaut autorisation d'excéder la durée de dix heures de travail effectif pour les hommes adultes pendant cent vingt jours par an.

ART. 3. — Cette déclaration doit indiquer les jours pour lesquels la dérogation est demandée. Elle ne vaut autorisation que pour les jours indiqués.

ART. 4. — Un tableau affiché dans les lieux de travail doit contenir la liste nominative des travailleurs manuels âgés de moins de dix-huit ans avec mention des heures du début et de la fin de la journée de travail de chacun d'eux.

2° Que le tableau inséré à l'article premier du décret du 28 mars 1902 soit ainsi complété :

Désignation des travaux.	*Limite d'augmentation de durée du travail effectif journalier.*
10° Travail des ouvriers occupés avec des enfants au-dessous de 18 ans, dans les industries qui comportent un apprentissage.	Deux heures par jour pendant cent vingt jours, sans dépasser douze heures de travail effectif.

Les indications d'origine sur les marchandises étrangères (1).

Déjà avant la guerre, on se préoccupait de défendre le marché français contre l'envahissement des produits étrangers et en particulier contre les produits allemands. La question se divise en deux parties bien distinctes; l'une porte uniquement sur l'honnêteté commerciale et la loyauté de transactions, l'autre vise le protectionisme.

Dans le premier ordre d'idées, le seul qu'examine le rapporteur, tout le monde est d'accord en principe, il s'agit de savoir si la législation actuelle est complète et d'une application assurée.

La loi du 28 juillet 1824 est la première loi française ayant pour but d'empêcher les tromperies en matière industrielle. Son article premier punit correctionnellement quiconque aura, soit apposé, soit fait apparaître par addition, retranchement ou par une altération quelconque sur des objets fabriqués, le nom d'un fabricant autre que celui qui en est l'auteur, ou la raison commerciale d'une fabrique autre que celle où lesdits objets auront été fabriqués, ou enfin le nom d'un lieu autre que celui de la fabrication.

L'article 9 de la loi du 26 novembre 1873 a étendu l'application de la loi du 28 juillet 1824 en faveur des pays dont la législation ou les traités assurent aux Français les mêmes garanties. Mais elle ne prévoit pas

(1) Rapport de M. A. VAUNOIS.

Digitized by Google

le fait qui consisterait, une fois la marchandise introduite en France, à faire disparaître la marque de fabrique étrangère, à mettre une marque de commerce française ou à donner au produit, d'une façon quelconque, une apparence française, pourvu qu'on n'appose pas le nom, la marque d'une fabrique française, ou la mention d'un lieu de fabrication français. Elle ne réprime pas davantage la fraude grâce à laquelle les produits d'un pays étranger auraient la provenance apparente d'un pays différent, mais également étranger.

La loi du 23 juin 1857 sur les marques de fabrique ou de commerce, édicte, dans son article 19, que tous produits étrangers portant, soit la marque, soit le nom d'un fabricant résidant en France, soit l'indication du nom ou du lieu d'une fabrique française, sont prohibés à l'entrée et exclus du transit et de l'entrepôt, et peuvent être saisis, en quelque lieu que ce soit, soit à la diligence de l'administration des douanes, soit à la requête du ministère public ou de la partie lésée.

Les tromperies, consistant à présenter le produit sous une apparence française, sans marque ou indication formelle d'une fabrique française, ne sont pas visées par la loi de 1857.

La loi du 11 janvier 1892 relative à l'établissement du tarif général des douanes, dans son article 15, prohibe à l'entrée, exclut à l'entrepôt, du transit et de la circulation, tous produits étrangers, naturels ou fabriqués, portant soit sur eux-mêmes, soit sur des emballages, caisses, ballots, enveloppes, bandes ou étiquettes, etc., une marque de fabrique ou de commerce, un nom, un signe ou une indication quelconque de nature à faire croire qu'ils ont été fabriqués en France ou qu'ils sont d'origine française. Cette disposition s'applique également aux produits étrangers, fabriqués ou naturels obtenus dans une localité de même nom qu'une localité française, qui ne porteront pas, en même temps que le nom de cette localité, le nom du pays d'origine et la mention « importé » en caractère manifestement apparent.

L'application de cette loi a donné lieu à de nombreuses hésitations et, au moment où la guerre a éclaté, on travaillait à rédiger un nouveau texte destiné à faire disparaître toute ambiguïté.

La loi de 1892 est une loi de douane, elle arrête l'importation à la frontière, mais cesse d'avoir effet pour toutes les transformations que les marchandises étrangères recevraient du fait de leurs nouveaux détenteurs, sur le sol français, à l'intérieur des barrières douanières.

Enfin la loi de 1905 sur la répression des fraudes et les dispositions promulguées pour la compléter ne sévissent contre la tromperie ou la tentative de tromperie sur l'origine des marchandises que quand l'origine faussement attribuée aux marchandises doit, d'après la convention ou les usages, être considérée comme la cause principale de la vente.

La Commission technique de l'Office national de la propriété industrielle a, sur le rapport de M. Henri Allart élaboré en 1916 un projet qui permettrait d'atteindre toutes les manœuvres tendant à donner aux marchandises une origine apparente autre que la véritable. M. A. Vaunois propose au Congrès de se rallier à ce projet dont voici le texte :

« ARTICLE PREMIER. — Quiconque, sur des produits naturels ou fabriqués, détenus ou transportés en vue de la vente, mis en vente ou vendus en France, ou sur des emballages, caisses, ballots, enveloppes, bandes, étiquettes, etc,, aura apposé une marque de fabrique ou de commerce, un nom, un signe ou une indication quelconque de nature à faire croire, s'ils sont étrangers, qu'ils ont été fabriqués en France ou qu'ils sont d'origine française, et, dans tous les cas, qu'ils ont une origine différente de leur véritable origine, française ou étrangère, sera puni des peines prévues par l'article premier de la loi du 1er août 1905, sans préjudice de dommages et intérêts, s'il y a lieu.

» Toutefois, cette disposition ne sera pas applicable lorsque le produit portera en caractères manifestement apparents une mention exclusive de toute erreur sur l'origine.

» ART. 2. — Seront également punis des peines prévues par l'article premier de la loi du 1er août 1905, ceux qui par addition, retranchement, ou par une altération quelconque des mentions primitivement portées, sur les produits, par des annonces, brochures, circulaires, prospectus ou affiches, par la production de factures ou de certificats mensongers, par une affirmation verbale ou par tous autres moyens, aurait fait croire à l'origine française de produits étrangers, ou, pour tous les produits, à une origine différente de leur véritable origine française ou étrangère.

» ART. 3. — Toute personne intéressée, consommateur, commerçant ou fabricant lésé par la tromperie, sera recevable à en poursuivre la répression.

» Tous syndicats ou unions de syndicats formés conformément à la loi du 21 mars 1884 pour la défense des intérêts de l'industrie ou du commerce de tous produits et marchandises quelconques, pourront exercer sur tout le territoire de la France et des colonies les droits reconnus à la partie civile par les articles 182, 63, 64, 66, 67 et 68 du Code de l'instruction criminelle relativement aux faits prévus par la présente loi ou recourir, s'ils le préfèrent à l'action ordinaire devant le tribunal civil en vertu des articles 1382 et suivants du Code civil.

» ART. 4. L'article 483 du Code civil sera applicable, même en cas de récidive, aux délits prévus par la présente loi.

» ART. 5. — La présente loi est applicable à l'Algérie et aux colonies. »

M. A. Vaunois examine ensuite la question de savoir s'il suffit d'interdire les indications trompeuses, ou s'il conviendrait d'aller au delà et d'exiger, pour toutes les marchandises étrangères, une indication d'origine exacte.

En France, sauf pour quelques industries, la marque est facultative ; on a proposé d'imposer aux productions étrangères une mention donnant l'indication précise du lieu d'origine. En fait, cette mesure entraînerait des difficultés notables ; il ne faut pas confondre le lieu de

Digitized by Google

provenance avec l'origine des marchandises, celle-ci est d'ailleurs difficile à déterminer.

Le lieu d'origine est-il celui d'où a été tirée la matière première, celui où elle a été façonnée, celui où elle a reçu l'opération la plus importante de sa mise en œuvre ou celui où elle a été terminée. La nationalité du fabricant et des ouvriers qu'il emploie est également à considérer.

Au point de vue de la lutte contre l'industrie étrangère, certaines industries françaises n'ont pas intérêt, si leur développement n'est pas suffisant, à voir le public connaître, sans utilité démontrée, les lieux d'établissement des fabriques concurrentes, pas plus que nos commerçants n'ont intérêt à révéler, soit chez nous, soit au dehors, la puissance économique et l'adresse exacte des producteurs dont ils débitent ou réexportent les articles. L'indication obligatoire du lieu d'origine étranger peut être une réclame gratuite, dangereuse pour nos nationaux. Il est donc impossible de préconiser une solution unique et générale.

En France, la marque d'origine est obligatoire pour un certain nombre de produits; on pourra rechercher en faveur de quelles industries spéciales il y aurait lieu d'étendre ces dispositions, mais il serait imprudent de les généraliser. La meilleure solution au problème consiste en l'emploi des marques collectives. La multiplication de ces marques, le contrôle exercé, grâce à elles, par les groupements de producteurs et d'industriels, les garanties qu'elles promettent au public relativement à la fabrication, à l'origine des marchandises, permettront, en l'espèce du moins, à notre industrie nationale, une défense plus efficace contre les fraudes et les entreprises des concurrents étrangers.

Le rapporteur estime qu'il faut laisser circuler les objets anonymes, sans marque, sans mention d'origine ou de nationalité, qu'ils soient produits en France ou à l'étranger; les consommateurs continueront à les acheter en toute liberté, à leurs risques et périls sans aucune garantie.

Mais il n'en est pas de même pour les produits munis d'un nom ou d'une marque; pour ces produits il faut prendre des précautions nouvelles. Ainsi on ne doit pas permettre l'introduction en France de produits sur lesquels est apposé un nom de fabricant ayant un établissement en France, si un correctif approprié n'établit pas clairement qu'il s'agit d'un objet importé.

Finalement, le rapporteur pense que la solution à adopter serait la suivante : si la marchandise mise en vente n'est munie d'aucune mention, on n'exigera rien; si elle se recommande d'une étiquette ou d'une inscription, on ne tolérera aucune confusion possible; pour ce qui vient de l'étranger, l'origine doit être manifeste aux yeux du public.

Cette mesure ne serait pas une nouveauté. L'article 3 de l'Arrangement de Madrid du 14 avril 1891, revisé à Washington en 1911, sur la répression des fausses indications de provenance sur les marchandises, est ainsi conçu : « Les présentes dispositions (celles qui visent les fausses indications de provenance mentionnant un des pays signataires de l'Arrangement) ne font pas obstacle à ce que le vendeur indique son nom ou son adresse sur les produits provenant d'un pays différent de celui de la vente; mais, dans ce cas, l'adresse ou le nom doit être accompagné de l'indication précise, et en caractères apparents, du pays ou du lieu de fabrication ou de production. »

L'Arrangement de Madrid n'a malheureusement été signé que par la France, l'Espagne, la Grande-Bretagne, le Portugal, la Suisse, la Tunisie, le Brésil, Cuba et le Maroc qui ne sont pas les pays qui usent ordinairement de la fraude.

Il est à espérer, cependant, que les autres pays encore hostiles finiront par signer l'Arrangement de Madrid et à le mettre en pratique.

Comme conclusion à cette dernière partie de son travail, le rapporteur émet les vœux suivants :

Toute marchandise importée en France et mise en vente avec un nom ou une marque devra porter, en outre, en caractères manifestement apparents, l'indication du pays d'origine avec le mot « importé » ou, de toute façon, une mention exclusive de toute erreur sur l'origine, le tout sous les peines et sanctions visées dans le texte de loi que nous avons publié plus haut comme conclusion à la première partie du rapport de M. A. Vaunois.

Il y a lieu d'obtenir, dans les pays alliés et ennemis, la mise à exécution de l'Arrangement international de Madrid relatif à la répression des fausses indications de provenance sur les marchandises et l'extension de cet arrangement, de façon qu'aucune marchandise étrangère ne puisse, dans aucun cas, être présentée avec une fausse apparence d'origine française.

(A suivre.)

Assemblées générales

Compagnie des Chemins de fer nogentais.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 18 AVRIL 1918.

Durant cet exercice, l'exploitation a continué à être difficile par suite de la rareté du personnel et de l'augmentation de la main-d'œuvre et des matières premières; seules les réparations urgentes ont été faites tant aux voies qu'au matériel roulant.

Les dépenses se sont élevées à 3 776 930,98 fr, en augmentation de 864 778,12 fr sur 1916; cette élévation est due surtout aux salaires et aux indemnités de cherté de vie.

La dépense par kilomètre parcouru, qui était de 0,7938 fr en 1916, a été de 0,9480 fr en 1917. La proportion de la dépense à la recette qui était de 69,67 pour 100 l'année dernière, a été portée à 77,81 pour 100 dans le cours de l'exercice.

Digitized by Google

L'excédent des recettes est de 1 077 062,13 fr contre 1 267 727,25 fr en 1916.

Le solde bénéficiaire est de 643 103,03 fr auquel il faut ajouter le report précédent 75 111,24 fr.

Sur ce solde, 5 pour 100 sont versés à la réserve légale, 28 500 fr à l'amortissement du capital, un intérêt de 4 pour 100, soit 20 fr par action, est distribué aux 25 716 actions de capital non amorties; le solde à nouveau est de 71 823,14 fr.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1917

Actif.

	fr
Dépenses d'établissement relatives à la traction à air comprimé	2 858 511,82
Dépenses d'établissement relatives à la traction électrique :	
Usines et sous-stations	2 573 497,77
Voies nouvelles, ligne aérienne, etc.	8 481 842,02
Indemnités, expropriations et frais divers	342 440,66
Voitures, dépôts, ateliers et stations	6 670 237,15
Dépenses exceptionnelles de réfection des voies et du matériel	449 685,55
Caisse et banquiers	1 840 840,97
Portefeuille	206 464,68
Cautionnements	30 014 »
Débiteurs divers	188 841,92
Approvisionnements divers	579 105,93
Comptes d'ordre	50 615,98
	24 072 098,45

Passif.

	fr
Capital :	
25 719 actions non amorties	12 859 500 »
Obligations :	
1 556 obligations 5 pour 100 en circulation à 250 fr	389 000 »
2 254 obligations 3 pour 100 en circulation (à divers taux)	798 270 »
5 949 obligations 4 pour 100 en circulation (à divers taux)	2 558 070 »
6 017 obligations 5 pour 100 en circulation (à divers taux)	2 948 330 »
Réserve légale	408 056,62
Amortissement du capital	440 500 »
Amortissement par remboursement des obligations	1 143 483,30
Compte de dépréciation et provision pour accidents et renouvellements	962 233,98
Provision spéciale	230 000 »
Dépôts divers	28 754,28
Créanciers divers	662 797,24
Profits et pertes	643 103,03
	24 072 098,45

Compagnie des Tramways de Nice et du Littoral.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 21 MARS 1918.

Le trafic de la Compagnie a été augmenté par suite des restrictions apportées à la circulation des trains de voyageurs et de marchandises sur la ligne Marseille à Vintimille.

Sur la demande de l'administration la ligne Cannes à Antibes a été raccordée avec le réseau des tramways de Cannes, de sorte que les trains de marchandises circulent sur le réseau de Cannes à Menton contribuant au ravitaillement de toute la région entre Cannes et la frontière italienne.

Cet accroissement de recettes est contrebalancé par l'augmentation des matières et fournitures nécessaires à l'entretien et la réparation et aussi par les charges du personnel.

La Compagnie a fait appel au concours de l'Etat, du département des Alpes-Maritimes et de la ville de Nice; les deux premiers ont accueilli favorablement la requête, la ville de Nice l'a refusée.

Par décret du ministre des Travaux publics du 27 juin 1917, une élévation de tarif de 15 pour 100 pendant la durée des hostilités et un an après a été autorisée sur toutes les taxes de transport sur les deux réseaux du Littoral et des voies ferrées des quais du port de Nice.

Le département des Alpes-Maritimes a consenti au même relèvement sur le réseau départemental.

Les travaux d'entretien ont été limités aux réparations indispensables. Cependant, les voies de la ligne Nice à Monaco étant fatiguées par le trafic exceptionnellement intense, on a commencé le démontage d'une des voies dans les parties à double voie où les courbes sont d'un rayon inférieur à 40 ou 50 m. Cette opération permettra de récupérer les rails pour l'entretien de la ligne et rendra possible l'utilisation des voitures à boggies dont le roulement est plus doux.

Pendant l'été des travaux ont été commencés pour protéger contre les coups de mer la ligne de Monaco à Menton, dans la partie qui borde la plage entre la sortie du domaine du cap Martin et la vue Guiglia.

Le prolongement de la ligne Nice à Levens est achevé en ce qui concerne l'infrastructure, la superstructure ne sera entreprise qu'après la cessation des hostilités.

Les recettes de l'exercice s'élèvent à 4 295 826,34 fr et les dépenses à 3 096 980,88 fr laissant un produit brut de 1 198 845,46 fr; après déduction des impôts, intérêt, amortissement d'obligations et de « charges spéciales de guerre », le solde à reporter à nouveau est de 30 181,01 fr.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Dépenses d'établissement :	
Retour aux autorités concédantes	24 266 229.20
Propriété de la Compagnie	11 571 268,23
Caisse et banquiers	192 793,99
Cautionnements	101 409,92
Débiteurs divers	354 123,20
Fonds de réserve des tramways départementaux	15 733,92
Approvisionnements :	
Des magasins de l'exploitation	866 606,27
Des magasins de la construction	310 446,94
Comptes d'ordre	45 621,82
Charges spéciales de la guerre	250 000 »
	37 974 233.49

Passif.

	fr
Capital : 30 000 actions de 500 fr	15 000 000 »
Obligations : 44 955 obligations 4 pour 100	18 672 515,75
Rachat du réseau de Monaco	300 000 »
Réserve légale	259 549,86
Fonds d'amortissement du capital	196 224,98
Amortissement par remboursement des obligations	874 234,25
Provision pour dépréciation, amortissements, renouvellements et accidents	84 102,50
Dépôts divers	7 808,15
Créanciers divers	2 058 558,25
Coupons et obligations restant à payer ou à rembourser	491 058.74
Profits et pertes	30 181.01
	37 974 233.49

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 22. — 1er JUIN 1918.

Chronique — Les enseignements d'un accident de turbine à vapeur. — A propos de la formule d'Austin-Cohen relative à la radiotélégraphie. — Bibliographie : Les impôts sur le capital, par François ROGER, p. 785-786.

Section scientifique et technique. — Note sur une nouvelle solution du problème de la régulation des groupes électrogènes (*suite et fin*), par L. BARBILLION et P CAYÈRE, p. 787. — Revues, analyses et informations : Diagramme entropique du pétrole, p 796; Elasticité de l'impact des électrons avec les molécules gazeuses, p. 798; Formules pratiques pour le calcul de la self-induction des conducteurs tubulaires, p. 798.

Section industrielle. — Résultats des essais au frein d'une nouvelle turbine hydraulique à grande vitesse, de la maison Escher-Wyss et Cie (Zurich, Suisse), par J. REYVAL, p. 799. — Revues, analyses et informations : Démarreurs électriques pour automotrice à pétrole, p. 804; L'effet des circonstances de guerre sur le prix de revient et la qualité du service électrique, p. 805; Unification des vitesses angulaires des turbines commandant des alternateurs, p. 808.

Section économique et financière. — Congrès du Génie civil, (*suite*), p. 811. — Assemblées générales : Compagnie des Tramways de Tunis, p. 815; Electricité et Gaz du Nord, p. 816; Compagnie centrale d'éclairage et de transport de force par l'électricité, Compagnie d'électricité de Limoges, p. 816.

Les enseignements d'un accident de turbine à vapeur.

— Une des plus importantes catastrophes dans l'histoire des turbines à vapeur s'est produite récemment à Boston dans une des stations centrales de l'Elevated Railway. Il n'y a pas eu, fort heureusement, d'accidents de personnes quoiqu'il s'agisse en l'espèce de la mise hors de service d'un très puissant turbo-alternateur de 35 000 kw, mais les conditions dans lesquelles s'est produite la destruction de la machine méritent d'être soigneusement notées.

Il est en effet curieux de constater que l'origine de l'accident a pu être localisée dans la région à basse pression de la turbine, le dix-huitième diaphragme s'est soudainement rompu à sa base et il a entraîné la destruction des aubes de la roue voisine et ainsi de suite.

Les circonstances dans lesquelles s'est produit l'accident permettent assez bien de l'expliquer et d'en éviter le retour. Il est intéressant d'ouvrir ici une parenthèse pour rappeler qu'un an presque jour pour jour auparavant un arrêt se produisit, toujours provoqué par la rupture d'un diaphragme dans la même région à basse pression, mais comme on procédait à ce moment aux essais de réception de la turbine que l'on chargeait par à-coups pour vérifier l'action du régulateur, on put fort heureusement bloquer assez tôt la vapeur pour éviter une aggravation des dégâts. Les réparations nécessaires furent exécutées et la machine fonctionna admirablement un an durant.

Le 14 février 1918, une plus petite station, avec laquelle l'usine centrale de Boston fonctionnait en parallèle, cessa subitement d'alimenter le réseau et une surcharge brusque de 10 000 kw fut imposée à la turbine. Le régulateur entra *rapidement* en jeu, ouvrant la valve secondaire, il en résulta un accroissement subit de la pression de la vapeur dans la zone travaillant habituellement à basse pression causant la rupture du dix-huitième diaphragme à sa base avec toutes les conséquences que l'on devine.

L'accident se manifesta par un grondement et une forte vibration et prit une certaine importance avant que l'on ait pu porter remède à la machine en fermant les vannes de vapeur. Quelle charge supportait à ce moment la turbine ? Il est difficile de le savoir exactement, les témoins n'étant pas d'accord sur ce point, mais on pense n'être pas loin de la vérité en l'estimant à 32 000 kw.

Les détails exacts de ce qui s'est passé ne seront probablement jamais bien connus, mais un enseignement se dégage dès maintenant, enseignement qu'il est utile de connaître.

Tout d'abord, il semble raisonnable d'éviter (dans des machines de ce genre sujettes à recevoir de brusques surcharges) les chocs provenant d'une impulsion soudaine. Et à ce sujet il paraît utile de prévoir un régulateur n'admettant que progressivement la vapeur dans les valves secondaires. Il est évident qu'une surcharge appliquée à une machine marchant déjà à pleine charge est préjudiciable au mécanisme et il vaudrait mieux dans de telles conditions que la vitesse vienne à subir une

Digitized by Google

diminution de valeur, surtout si l'alternateur est seul sur le réseau, plutôt que de chercher à maintenir une fréquence constante. Enfin les diaphragmes en fonte de la partie à basse pression de la turbine, quoique calculés pour travailler à une limite de sécurité très acceptable eu égard à la faible pression qui s'exerce sur eux en temps normal, devraient être prévus pour résister à un accroissement accidentel de la pression et, par conséquent, choisis avec un autre métal ayant une limite élastique plus élevée.

Il est assez curieux de noter à cet effet que tous les diaphragmes à partir du dix-septième et du côté de la haute pression sont restés intacts, les aubes des roues correspondantes sont cassées mais c'est par suite des projections des autres aubes dans cette région.

Il en résulte que l'accident en question ne doit pas être attribué à des défauts de matières ni à une mauvaise étude de la machine qui aurait pu assurer un long service dans des conditions normales mais plutôt dans une spécification un peu dure imposée pour la régulation. — A. S.

A propos de la formule d'Austin-Cohen relative à la radiotélégraphie. — Nous avons reçu à ce sujet la lettre suivante.

A propos de l'intéressante étude de M. L. Bouthillon, parue dans votre numéro du 23 mars 1918, t. III, p. 49, je me permets de rappeler que j'ai publié en 1909 (Cf. *Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie*, Band II, p. 603) la formule du rendement maximum η' contenue dans la première colonne de la page 422. Cette formule doit d'ailleurs s'écrire

$$\eta' = \frac{9}{64\pi^2} \cdot \frac{\lambda^2}{r^2},$$

ainsi que cela se déduit immédiatement de la formule (4) de la page 420, en tenant compte des approximations consenties.

J'avais donc, dès cette époque, attiré l'attention sur l'avantage théorique des grandes longueurs d'ondes à cet égard (ma démonstration étant d'ailleurs plus générale). Je profite de l'occasion pour rappeler également qu'il existe, en plus de la formule *semi-empirique* d'Austin-Cohen, une formule *théorique* qui n'en diffère que par l'exposant de l'exponentielle, lequel est en $\lambda^{-\frac{1}{3}}$, au lieu d'être en $\lambda^{-\frac{1}{2}}$.

Plus généralement, supposons qu'il soit de la forme $-\alpha r \lambda^{-\frac{1}{m}}$; la longueur d'onde la plus favorable (au sens adopté par M. Bouthillon) sera celle qui rend le produit

$$\frac{1}{\lambda} \times e^{-\alpha r \lambda^{-\frac{1}{m}}}$$

maximum.

Ceci a lieu pour

$$\lambda = \left(\frac{\alpha r}{m}\right)^m,$$

ce qui veut dire que la longueur d'onde optimum croît d'autant plus vite avec la distance r que m est plus grand.

Par exemple, avec les valeurs théoriques

$$m = 3$$
$$\alpha = 0{,}0019,$$

on obtient pour $r = 5\,000$ km, $\lambda = 31$ km, tandis qu'avec

$$m = 2$$
$$\alpha = 0{,}0015,$$

on trouve 14 km.

Veuillez agréer, etc.

J. Bethenod.

Bibliographie : Les impôts sur le capital, par François Roger, docteur en droit (1). — Il n'est guère possible, à l'heure actuelle, d'évaluer l'effort fiscal qu'il faudra faire pour équilibrer nos budgets d'après-guerre ; on peut, toutefois, affirmer qu'il sera considérable, et, dès lors, il convient, pour éviter les dangers de l'improvisation, d'étudier dès maintenant dans quel sens cet effort peut et doit être dirigé. C'est cette étude qu'entreprend M. Roger en examinant les impôts actuels sur le capital et les modifications qui pourraient y être apportées pour en augmenter le rendement sans toutefois faire fuir ou disparaître la matière imposable.

Il ne faut pas cependant espérer, dit M. Roger, faire retomber l'ensemble des charges sur la fortune acquise ; ce mirage s'évanouirait à la poursuite. « La fortune acquise, ajoute-t-il, à l'exception des objets d'art, des meubles de luxe et des immeubles d'agrément, dont la valeur est en grande partie conventionnelle, n'est rien autre que le capital nécessaire à la production et elle forme ainsi le fonds même des salaires. La dissiper ou la réduire ce serait arrêter dans son ascension vers le mieux-être la masse des travailleurs, puisque l'expérience des ateliers nationaux prouve qu'il ne faut pas compter d'une façon durable sur l'Etat-Providence. Si une guerre sourde ou déclarée était engagée contre la fortune acquise, ou, plus exactement, contre le capital, les difficultés du crédit empêcheraient toute reprise d'affaires et l'exode des capitaux reprendrait de plus belle. »

Mais ces observations ne sauraient empêcher de rechercher comment peuvent être revisés les principes des impôts sur le capital, et c'est ce que l'auteur fait en envisageant successivement les droits d'enregistrement, les droits de timbre, les droits d'hypothèques, les droits de mutation et de transmission, l'impôt sur le revenu des capitaux mobiliers, le contrat d'assurance. Pour chacun de ces droits ou impôts, M. Roger expose, au point de vue juridique, les principes qui lui servent de base, puis il indique les modifications qui pourraient être effectuées dans les modalités de la perception sans toucher en rien à ces principes ; enfin, il examine de quelle façon pourraient être revisés ces principes dans certains cas. Ne pouvant indiquer ici, même sommairement, les nombreux points de détail soulevés par cette étude, bornons-nous à en signaler la conclusion suivante qui indique suffisamment nettement l'opinion générale de l'auteur : « Qu'on supprime d'abord les innombrables exemptions, apparentes ou dissimulées, qui pullulent dans toutes les matières fiscales et qui, la plupart du temps, sont de pures faveurs ; après cette suppression qui donnerait plus de millions qu'on ne pense, qu'on revise attentivement les principes de l'impôt. »

(1) Un volume format 23 cm × 14 cm, 264 pages. Marchal et Godde, éditeurs, 27, place Dauphine, Paris (1er). Prix : broché, 7,50 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Note sur une nouvelle solution du problème de la régulation des groupes électrogènes (*Suite et fin*)

Dans la première partie de leur article, parue dans le numéro du 25 mai 1918 de la « R. G. E », les auteurs ont exposé les considérations qui les ont amenés à la création de leur nouveau régulateur pour turbines hydrauliques, ainsi que les avantages de ce nouveau régulateur. Dans la seconde partie, que nous publions ci-dessous, ils montrent comment ils ont réalisé pratiquement le régulateur satisfaisant aux conditions qu'ils s'étaient imposées.

III. — Réalisation pratique du nouveau régulateur et application à un exemple.

Proposons-nous d'appliquer les principes exposés précédemment à l'étude d'un régulateur destiné à régler un groupe électrogène actionné par une chute d'eau, les données du problème étant les suivantes :

Débit maximum de la chute, 1 m³ : sec.

Hauteur de chute, 300 m.

Alternateur à 12 pôles, excitation indépendante, débitant sur un réseau purement résistant.

Fréquence à vide, 50,5 p : sec.

Fréquence à demi-charge, 50 p : sec.

Fréquence à pleine charge, 49,5 p : sec.

Ecart de vitesse maximum admissible au cours d'une perturbation : ± 10 pour 100.

Durée minimum de fermeture complète du vannage, 10 secondes.

ÉTUDE DES CARACTÉRISTIQUES Δ ET Γ DE $C_m(\omega)$ ET $C_r(\omega)$ DU GROUPE. — Nous prendrons comme machine motrice une roue Pelton.

Supposons pour simplifier que les augets aient une forme théorique, les angles d'entrée et de sortie étant nuls (fig. 31).

L'eau dans les augets a une vitesse relative $V_r = V - v$.

La vitesse de l'eau à la sortie est

$$V_s = V_r - v = V - 2v.$$

Pour que la vitesse de sortie soit nulle, c'est-à-dire pour que toute l'énergie de l'eau soit utilisée, il faut que $v = \frac{V}{2}$, or

$$V = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 300} = \sqrt{5\,880} = 76{,}6 \text{ m : sec.}$$

Donc, en régime normal, la vitesse de l'auget doit être $\frac{76{,}6}{2} = 38{,}3$ m : sec.

D'autre part, l'alternateur ayant 12 pôles donne 6 périodes par tour ; en demi-charge, il fait donc $\frac{50}{6}$ t : sec, et

$$\frac{50}{6} \times 60 = 500 \text{ t : min.}$$

La vitesse angulaire à mi-charge est donc 52,3 radians/sec.

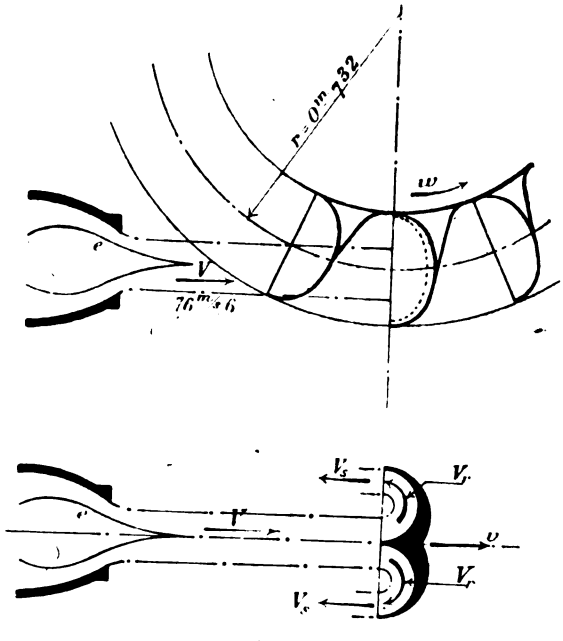


Fig. 31.

La vitesse angulaire de pleine charge est

$$52{,}3 \times \frac{49{,}5}{50} = 51{,}78 \text{ rd : sec.}$$

La vitesse angulaire à vide est

$$52{,}3 \times \frac{50{,}5}{50} = 52{,}82 \text{ rd : sec.}$$

Digitized by Google

Le rayon du centre des augets est

$$r = \frac{v}{\omega} = \frac{38,3}{52,3} = 0,732 \text{ m.}$$

Calcul du couple moteur. — Si l'aiguille d'injection est bien tracée, le débit Q est proportionnel à l'ouverture e de l'aiguille.

$$Q = \frac{e}{E} \times 1\,000 \text{ l:s.}$$

En appelant F l'effort tangentiel sur les augets, on a d'après le théorème des quantités de mouvement

$$F \times 1 \text{ sec} = \frac{Q}{g} (V_r \text{ entrée} - V_r \text{ sortie})$$

or

$$V_r \text{ entrée} = V - v; \quad V_r \text{ sortie} = - V_r \text{ entrée}$$

donc

$$F = \frac{Q}{g} \times 2 (V - v) = 2 \frac{e}{E} \times \frac{1\,000}{g} (76,6 - \omega \times 0,732),$$

le couple moteur a pour valeur

$$C_m = F \times r = 2 \frac{e}{E} \cdot \frac{1\,000}{9,81} (76,6 - 0,732\,\omega)\, 0,732$$

$$C_m = 2 \frac{e}{E} \times \frac{1\,000}{9,81} \times 0,732^2 \left(\frac{76,6}{0,732} - \omega \right) = \frac{e}{E} \times 108,5 (104,6 - \omega).$$

Courbe Δ de C_m (ω) pour une admission donnée e. — Cette courbe est une droite, cela résulte de la formule que nous venons d'établir.

Cette droite est déterminée par les deux points a et b où elle coupe les axes (fig. 32).

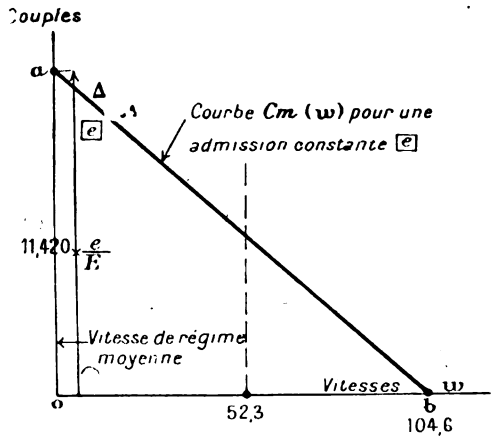


Fig. 32.

Pour a, où a $\omega = 0$ et $C_m = \overline{oa} = 11,420 \frac{e}{E}$. Pour b, on a $C_m = 0$ et $\omega = \overline{ob} = 104,6$.

Toutes les droites Δ passent par ce point b, la vitesse 104,6 étant la vitesse d'emballement du groupe.

Courbe C_r (ω) pour une résistance de réseau donnée. — L'excitation étant indépendante, la tension U est proportionnelle à ω. Le réseau étant purement résistant, la puissance aux bornes est $\frac{U^2}{R}$, le couple résistant est $\frac{U^2}{R.\omega}$, donc il est proportionnel à ω.

La courbe Γ de C_r (ω) est donc une droite passant

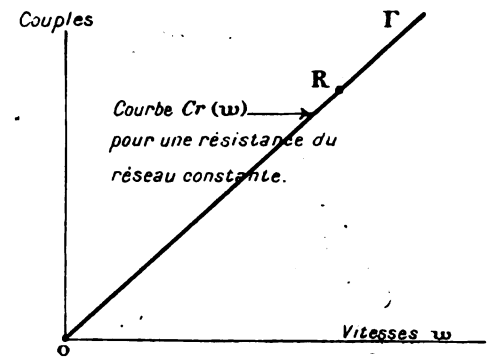


Fig. 33.

par l'origine (fig. 33); elle est déterminée quand on connaît l'un de ses points R.

Graphique caractéristique du groupe (fig. 34). — Traçons les courbes Δ de C_m (ω) pour diverses valeurs de l'admission; $e_0 = 0$; $e_1 = 0,1\ E$; $e_2 = 0,2\ E$; ...; $e_9 = 0,9\ E$; $e_{10} = E$.

A pleine charge (admission E), la vitesse de régime à réaliser est $\omega_{r10} = 51,78$; nous avons ainsi sur Δ_{10} le point M_{10} qui caractérise le régime de pleine charge.

A demi-charge, la vitesse de régime $\omega_{r5} = 52,3$ nous donne le point M_5; à vide, la vitesse de régime $\omega_0 = 52,82$ nous donne le point M_0.

En joignant M_0, M_5, M_{10} par une courbe continue, nous obtenons la courbe Σ que nous appellerons caractéristique de décompensation et qui nous donne, pour chaque valeur de l'admission, la vitesse de régime correspondante.

Par les points M_0, M_1, M_2, M_3, ... M_9, M_{10}, traçons les caractéristiques Γ de C_r (ω) (elles passent toutes par le point $C = 0$, $\omega = 0$). Nous avons ainsi deux régions de courbes Δ et Γ qui caractérisent les propriétés du groupe. Ce graphique nous donne, dans toutes les hypothèses de vitesse, d'admission et de charge électrique du réseau, les valeurs de C_m et C_r, couples moteurs et résistants.

Choix d'une loi de manœuvre du vannage. — En régulation indirecte ordinaire, on doit se préoccuper de réaliser un réglage rapide avec des oscillations de vitesse fortement amorties.

Digitized by Google

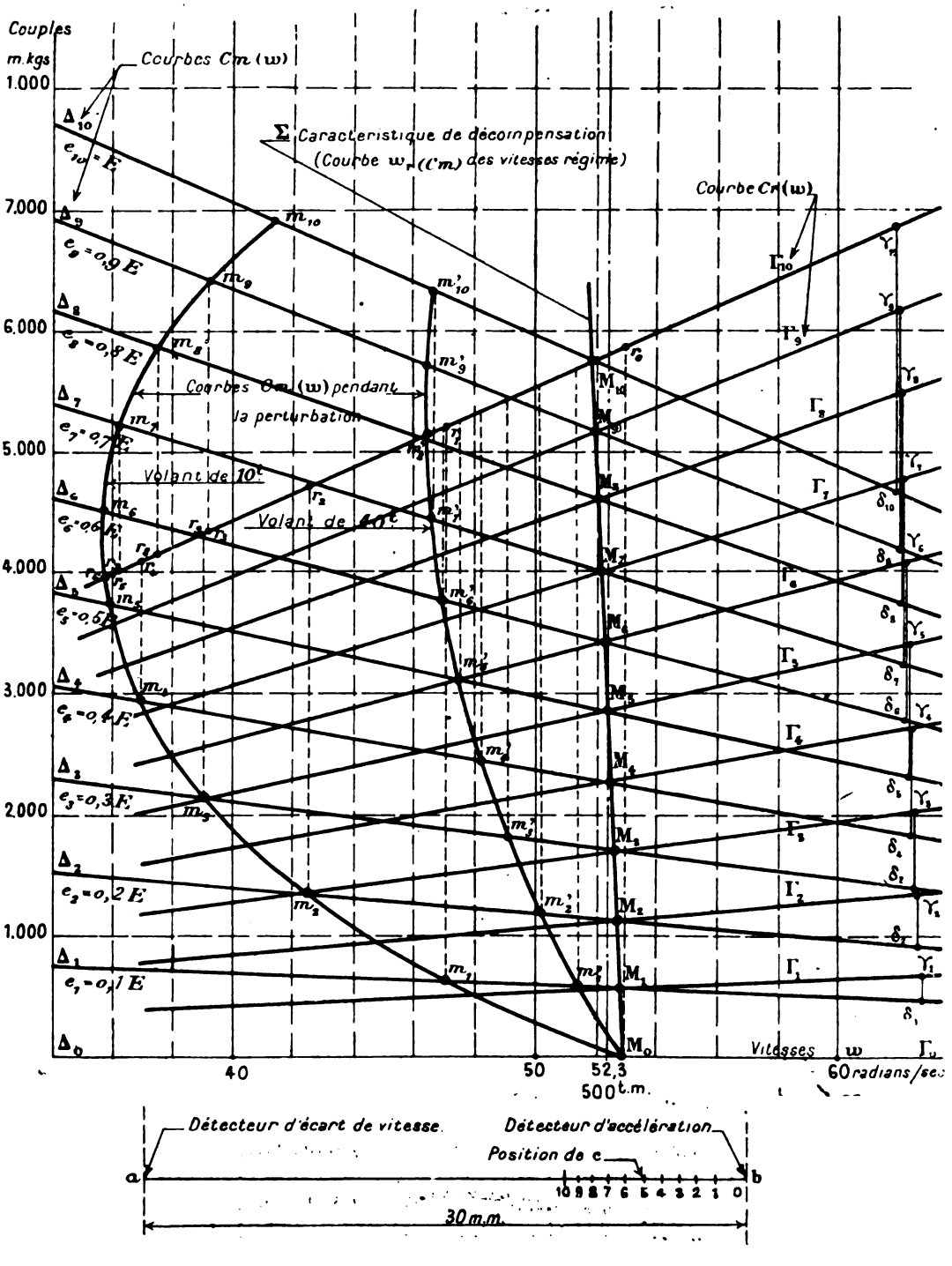


Fig. 34.

On peut alors rechercher si certaines lois de manœuvre du vannage n'augmenteraient pas l'amortissement des oscillations, même au détriment de la rapidité du réglage (1).

Dans un régulateur mixte, tel que celui que nous décrivons, nous avons vu qu'il n'y a pas d'oscillations de vitesse. Nous n'avons donc à nous occuper que de la rapidité du réglage, ce qui nous conduit à manœuvrer le vannage à vitesse constante, cette vitesse étant la plus

(1) Voir à ce sujet dans l'ouvrage : *Leçons sur le fonctionnement des groupes électrogènes en régime troublé*, nos études sur la manœuvre du vannage à vitesse proportionnelle à l'écart de vitesse ou à l'accélération (Gauthier-Villars, éditeur).

Digitized by Google

grande compatible avec la résistance mécanique de la conduite.

D'après les conditions imposées pour l'établissement du groupe, nous manœuvrons le vannage à la vitesse $\frac{E}{10}$ par seconde.

Calcul du volant. Lois de $C_m(\omega)$ pendant la perturbation. — Nous pourrions étudier la courbe $C_m(\omega)$ par la méthode algébrique, la forme rectiligne de Δ et l' semble favoriser ce calcul, mais pour que notre étude soit générale, nous emploierons une méthode graphique.

Nous allons donc choisir un volant a priori, nous étudierons la loi $C_m(\omega)$ correspondante (fig. 34) et suivant l'écart de vitesse maximum de cette loi, nous saurons si le volant que nous avons choisi a priori est trop faible ou trop fort.

Supposons que nous prenions un volant de 10 t et de 2 m de diamètre moyen, son moment d'inertie

$$K = \Sigma m r^2 = \frac{10\,000}{9{,}81} \times 1^2 = 1\,020 \text{ kg-m}^2;$$

ce moment d'inertie englobant naturellement celui de l'alternateur et celui de la roue Pelton.

Etudions ce qui se passe dans le cas où le groupe étant à vide, on lui impose brusquement la charge maximum. Nous avons la relation fondamentale

$$C_m - C_r = K \frac{d\omega}{dt}.$$

Divisons le temps en intervalles $\Delta t = 1$ sec, l'ouverture ou la fermeture du vannage se fera donc en 10 intervalles. Admettons que dans un intervalle Δt l'accélération conserve la valeur qu'elle a au début de l'intervalle; la variation de vitesse dans l'intervalle est alors

$$\Delta\omega = \frac{C_m - C_r}{K} \Delta t,$$

$C_m - C_r$ étant l'écart des couples au début de l'intervalle considéré.

Tableau I.

Intervalle	Écart initial des couples $C_m - C_r$ en m-kg	Accélération initiale $\frac{d\omega}{dt} = \Delta\omega$ car $\Delta t = 1''$	Vitesse finale
0-1	$M_0 r_0 = -5\,900$	$\frac{-5\,900}{1\,020} = -5{,}78$	$\omega_1 = 52{,}82 - 5{,}78 = 47{,}04$
1-2	$m_1 r_1 = -4\,600$	$\frac{-4\,600}{1\,020} = -4{,}52$	$\omega_2 = 47{,}04 - 4{,}52 = 42{,}52$
2-3	$m_2 r_2 = -3\,380$	$\frac{-3\,380}{1\,020} = -3{,}33$	$\omega_3 = 42{,}52 - 3{,}33 = 39{,}19$
3-4	$m_3 r_3 = -2\,200$	$\frac{-2\,200}{1\,020} = -2{,}16$	$\omega_4 = 39{,}19 - 2{,}16 = 37{,}03$
4-5	$m_4 r_4 = -1\,150$	$\frac{-1\,150}{1\,020} = -1{,}13$	$\omega_5 = 37{,}03 - 1{,}18 = 35{,}90$
5-6	$m_5 r_5 = -225$	$\frac{-225}{1\,020} = -0{,}22$	$\omega_6 = 35{,}90 - 0{,}22 = 35{,}68$
6-7	$m_6 r_6 = +600$	$\frac{+600}{1\,020} = +0{,}59$	$\omega_7 = 35{,}68 + 0{,}59 = 36{,}27$
7-8	$m_7 r_7 = +1\,230$	$\frac{+1\,230}{1\,020} = +1{,}21$	$\omega_8 = 36{,}27 + 1{,}21 = 37{,}48$
8-9	$m_8 r_8 = +1\,740$	$\frac{+1\,740}{1\,020} = +1{,}71$	$\omega_9 = 37{,}48 + 1{,}71 = 39{,}19$
9-10	$m_9 r_9 = +2\,100$	$\frac{+2\,100}{1\,020} = +2{,}06$	$\omega_{10} = 39{,}19 + 2{,}06 = 41{,}25$

La vitesse minimum 35,68 correspond à un écart de vitesse $\frac{35{,}68 - 52{,}30}{52{,}30} = 31{,}8$ pour 100, le volant de 10 t est donc trop faible.

Pour limiter l'écart de vitesse à la valeur 10 pour 100 imposée, nous prendrons un volant de 40 t et 2 m de diamètre moyen.

Recommençons le même calcul avec la nouvelle valeur $K = 4 \times 1\,020 = 4\,080$ (tableau II).

La vitesse minimum 46,42 correspond à un écart de vitesse

$$\frac{46{,}42 - 52{,}30}{52{,}30} = 11{,}2 \text{ pour } 100.$$

Digitized by Google

Tableau II.

INTERVALLE	ÉCART INITIAL DES COUPLES $C_m - C_r$ en m-kg	ACCÉLÉRATION INITIALE $\frac{d\omega}{dt} = \Delta\omega$ car $\Delta t = 1''$	VITESSE FINALE
1-0	$M_0 r_0 = -5\,900$	$\frac{-5\,900}{4\,080} = -1{,}44$	$\omega'_1 = 52{,}82 - 1{,}44 = 51{,}38$
1-2	$m'_1 r'_1 = -5\,100$	$\frac{-5\,100}{4\,080} = -1{,}25$	$\omega'_2 = 51{,}38 - 1{,}25 = 50{,}13$
2-3	$m'_2 r'_2 = -4\,380$	$\frac{-4\,380}{4\,080} = -1{,}07$	$\omega'_3 = 50{,}13 - 1{,}07 = 49{,}06$
3-4	$m'_3 r'_3 = -3\,600$	$\frac{-3\,600}{4\,080} = -0{,}88$	$\omega'_4 = 49{,}06 - 0.88 = 48{,}18$
4-5	$m'_4 r'_4 = -2\,900$	$\frac{-2\,900}{4\,080} = -0{,}71$	$\omega'_5 = 48{,}18 - 0{,}71 = 47{,}47$
5-6	$m'_5 r'_5 = -2\,150$	$\frac{-2\,150}{4\,080} = -0{,}52$	$\omega'_6 = 47{,}47 - 0{,}52 = 46{,}95$
6-7	$m'_6 r'_6 = -1\,400$	$\frac{-1\,400}{4\,080} = -0{,}34$	$\omega'_7 = 46{,}95 - 0{,}34 = 46{,}61$
7-8	$m'_7 r'_7 = -900$	$\frac{-700}{4\,080} = -0{,}17$	$\omega'_8 = 46{,}61 - 0{,}17 = 46{,}44$
8-9	$m'_8 r'_8 = -100$	$\frac{-100}{4\,080} = -0{,}02$	$\omega'_9 = 46{,}44 - 0{,}02 = 46{,}42$
9-10	$m'_9 r'_9 = +600$	$\frac{-600}{4\,080} = +0{,}14$	$\omega'_{10} = 46{,}42 + 0{,}15 = 46{,}57$
	écart final $m'_{10} r'_{10} = +1\,150$	accélération finale $+\frac{1\,150}{4\,070} = 0{,}28$	

Le volant est donc encore un peu faible, il faudrait faire un nouveau calcul avec un volant de 45 t par exemple, mais pour abréger nous conserverons le volant de 40 t.

Réalisation pratique du régulateur. — Les figures 35 et 36 montrent la constitution d'un régulateur mixte construit d'après les principes exposés dans les deux premières parties.

Le vannage est actionné par un servo-moteur commandé par un tiroir dont la tige A est reliée par la bielle B à un point c du levier C.

Les points a et b du levier C sont déplacés de quantités respectivement proportionnelles à l'écart de vitesse et à l'accélération du groupe.

Un système de levier D, E, G et une came F assurent au point c une position déterminée pour chaque position du vannage le point c se déplaçant dans une coulisse en arc de cercle taillée dans le levier C.

Le mouvement du point a indicateur d'écart de vitesse est obtenu à l'aide d'un tachymètre de type normal dont le manchon agit en n sur le levier I.

Un mécanisme de décompensation déplace le point fixe o du levier I pour faire varier la vitesse de régime avec la charge.

Ce mouvement de o est produit par la tige J reliée au vannage par un système de tiges et de leviers.

La loi de liaison du point o au vannage se détermine de la façon suivante :

Le tachymètre H communique au point n un déplacement H proportionnel à la vitesse angulaire à raison de 4 mm par radian/seconde (fig. 37).

A pleine charge, la vitesse de régime doit être 51,78; le point n doit être en n' avec (fig. 38)

$$nn' = 4 \text{ mm } (52{,}3 - 51{,}78) = 4 \times 0{,}52 = 2{,}08 \text{ mm},$$

le point a en régime doit revenir à sa position moyenne, donc le point o doit se trouver en o' avec

$$oo' = nn' \times \frac{160 + 40}{40} = 2{,}08 \times 5 = 10{,}4 \text{ mm}.$$

En marche à vide, la vitesse de régime doit être 52,82, le point n doit être en n'' avec

$$nn'' = 4 \times (52{,}82 - 52{,}3) = 2{,}08 \text{ m};$$

le point o doit être en o'' avec $oo'' = 5 \times nn'' = 10{,}4$ mm.

Pour une charge quelconque, $c_3 = \frac{3}{10} E$ par exemple, le point o doit être en o_3 avec $oo_3 = 20{,}8 \text{ mm} \times \frac{3}{10}$.

Le système tachymètre-mécanisme de compensation, communique donc au point a un déplacement propor-

Digitized by Google

tionnel à l'écart de vitesse du groupe (échelle 5 mm par radian/sec); cet écart de vitesse étant, conformément aux principes exposés à la fin de la deuxième partie, la différence entre la vitesse ω et la vitesse de régime ω_r correspondant à la valeur de l'admission à l'instant considéré.

Le mouvement de b, point indicateur d'accélération, est commandé par un mécanisme détecteur d'accélération. Nous aurions pu, pour ce mécanisme, utiliser les effets d'inertie, mais cela conduit à des mécanismes sujets à des oscillations qui peuvent provoquer des effets fâcheux de résonance.

Nous avons étudié un détecteur d'accélération ayant le double avantage d'être très sensible et de n'avoir pas d'oscillations; son principe est le suivant :

Le déplacement du manchon n du tachymètre est proportionnel à la vitesse ω du groupe.

La vitesse du manchon n est donc proportionnelle à l'accélération du groupe; le problème revient donc à mesurer cette vitesse.

Pour cela le point n est attaché sur un levier Y dont l'extrémité b constitue le point indicateur d'accélération et dont l'autre extrémité d est liée par la tige M et le levier L à une vis K pouvant monter ou descendre sous l'action de l'écrou S.

L'écrou S porte deux systèmes de 4 roues à rochets N

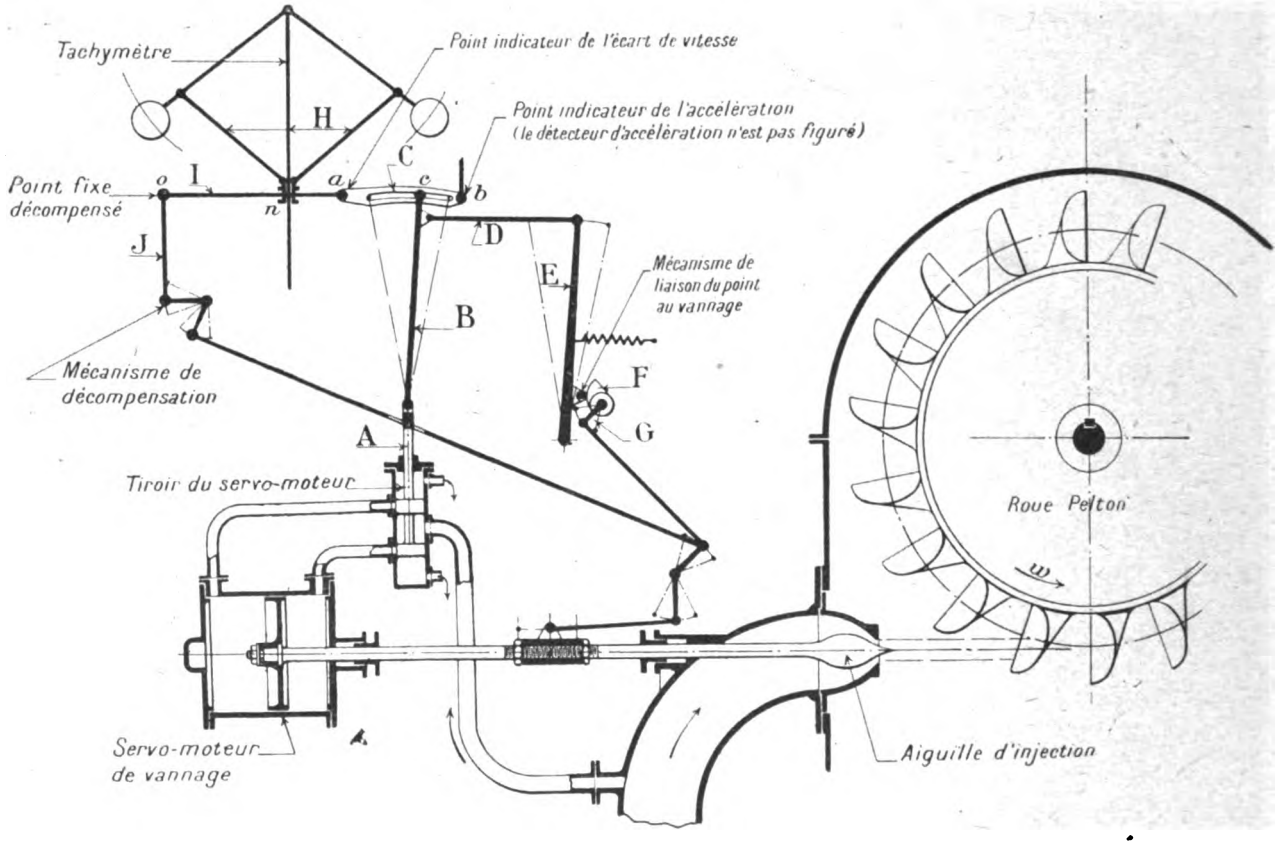


Fig. 35.

et 4 autres roues à rochets O; deux groupes de cliquets P et Q montés sur la même manivelle, animée d'un mouvement de rotation continue, peuvent entrer en prise avec les roues à rochets, les 4 cliquets P assurant la montée de K, donc la descente de d, les 4 cliquets Q assurant le mouvement inverse.

Un masque R pouvant tourner autour de l'axe de l'écrou S empêche les cliquets d'entrer en prise avec les roues à rochets pendant toute leur course.

Dans la position moyenne du masque R, toute la course des cliquets est rendue inutile; ils ne peuvent venir en prise avec les roues à rochets et l'écrou S reste immobile.

Si le masque R est écarté de sa position moyenne (comme dans la figure 36), les cliquets agissent pendant une partie de leur course, communiquant à l'écrou S un mouvement de rotation de vitesse proportionnelle à l'écart du masque R par rapport à sa position moyenne.

Le masque R est lié au point b par un système de leviers et tiges T U V X.

Si, par exemple, la vitesse diminue, le point n baisse, le point b aussi, car d sert de point fixe au levier Y, le masque R s'écarte de sa position moyenne, ce qui laisse agir les cliquets P qui font tourner l'écrou S et produisent la montée de K et la descente de d.

Il y a équilibre de b quand les vitesses V_d et V_u de d

Digitized by Google

et n sont dans le rapport $\frac{V_d}{V_n} = \frac{bd}{bn}$; or, V_d est proportionnel au déplacement du masque R, donc au déplacement de b ; V_n est proportionnel à l'accélération, donc le déplacement de b est proportionnel à l'accélération de la machine.

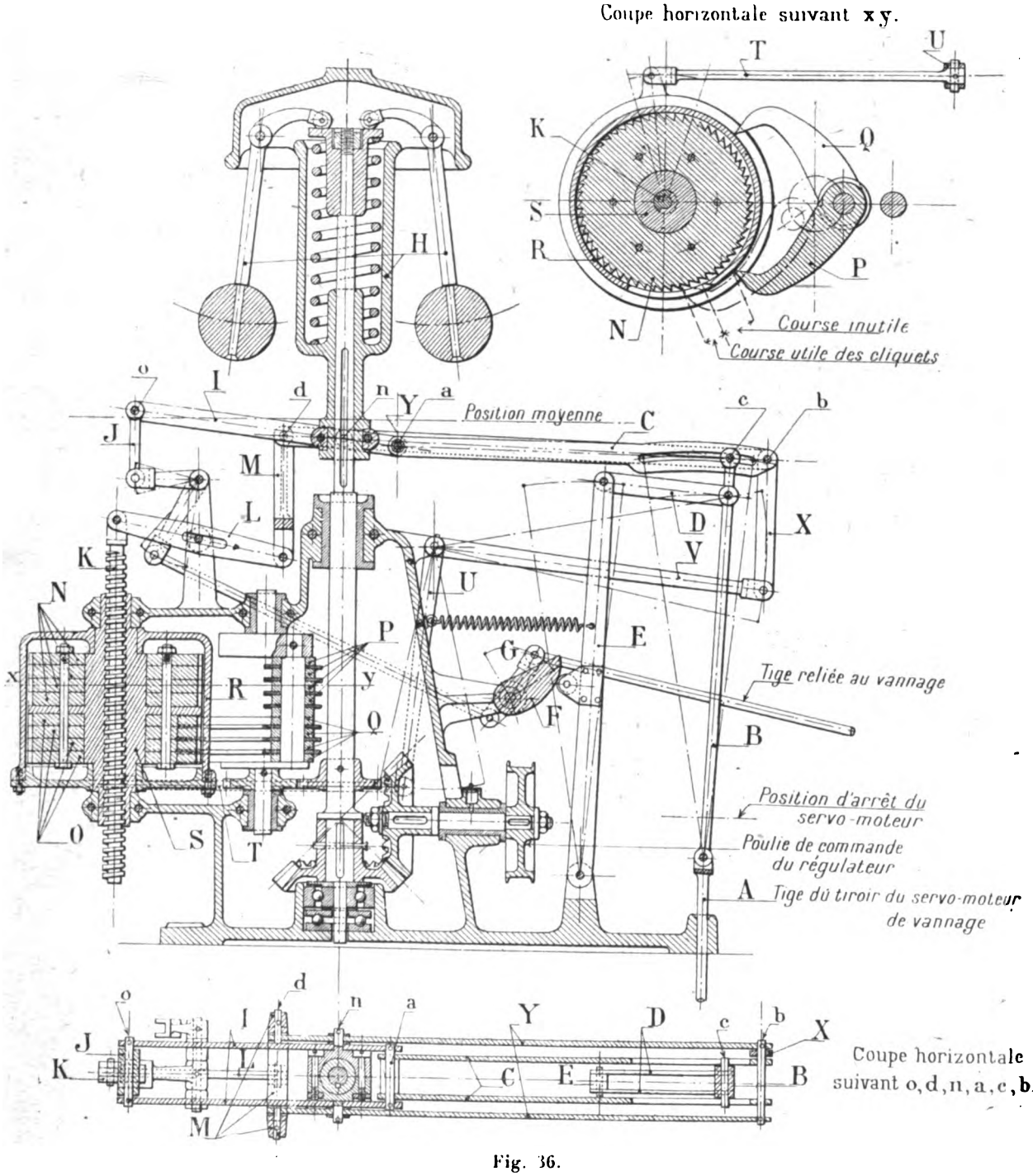


Fig. 36.

Les quatre roues à rochets N, de même que les quatre roues O, sont décalées entre elles d'un quart de dent, les cliquets étant tous de même longueur ; cela revient à avoir des dents quatre fois plus nombreuses. La course des cliquets pouvant être de cinq dents, on pourra réaliser 20 vitesses différentes du point d.

Loi de liaison du point C au vannage. — Choisis-

Digitized by Google

sons une échelle des accélérations, soit un déplacement de b de 40 mm par radian/sec/sec.

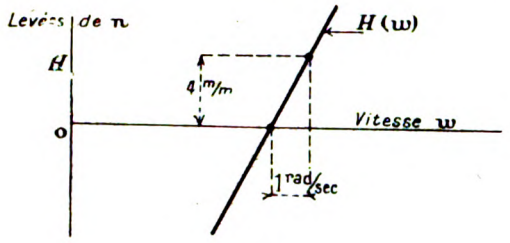


Fig. 37.

Cherchons la position du point c pour une admission

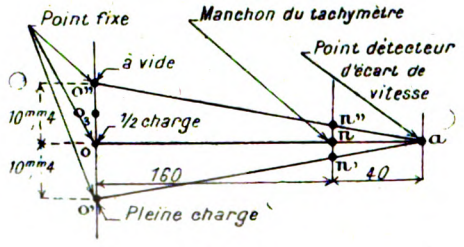


Fig. 38.

donnée e_4 par exemple, et pour qu'il y ait réglage sans prépondérance.

Sur le graphique de la figure 34, portons à partir de M_4 un écart de vitesse de 10 r/sec, nous avons en $\gamma_4\,\delta_4$ l'écart des couples correspondant, $\gamma_4\,\delta_4 = 850$ m-kg correspondant à une accélération $\frac{850}{4\,080} = 0{,}196$; la levée de d est donc $5 \times 10 = 50$ mm, celle de b est $40 \times 0{,}196 = 7{,}84$ mm ; pour que c soit ramené à sa position moyenne, il faut que

$$\frac{cb}{ca} = \frac{7{,}84}{50},$$

ou

$$\frac{cb}{cb + ca} = \frac{7{,}84}{57{,}84},$$

d'où

$$cb = 300 \text{ mm} \times \frac{7{,}84}{57{,}84}.$$

En faisant les mêmes calculs pour d'autres valeurs de l'admission, nous obtenons les résultats suivants qui permettent de tracer facilement la came F.

Tableau III.

Admission	$e_0 = 0$	$e_1 = 0{,}1\,E$	$e_2 = 2\frac{E}{10}$	$e_3 = 3\frac{E}{10}$	$e_4 = 4\frac{E}{10}$	$e_5 = 5\frac{E}{10}$	$e_6 = 6\frac{E}{10}$	$e_7 = 7\frac{E}{10}$	$e_8 = 8\frac{E}{10}$	$e_9 = 9\frac{E}{10}$	$e_{10} = 10\frac{E}{10}$
Ecart de vitesse (r/sec)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Levée de a (mm)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Ecart des couples (mk)	0	210	430	640	850	1 100	1 330	1 530	1 750	1 970	2 200
Accélération	0	0,049	0,105	0,157	0,196	0,270	0,325	0,375	0,430	0,475	0,540
Levée de b (mm)	0	3	4,2	6,3	7,0	10,8	13	15	17,2	19	21,6
$cb = \frac{\text{levée de b}}{50 + \text{levée b}} \times 300$ (mm)	0	17	23,4	33,8	43,6	53,3	62	69,3	77	82,5	90

Etude du détecteur d'accélération. — Deux causes d'erreurs interviennent pour fausser les indications du détecteur d'accélération. Ces causes d'erreurs sont d'ailleurs d'ordre cinématique et leurs effets peuvent se calculer à l'avance.

Première cause d'erreur. — On mesure l'accélération en mesurant la vitesse du manchon du tachymètre. Pour cela, on compare la vitesse du manchon à celle de la machine. Pour que la mesure fût exacte, il faudrait que la vitesse qui sert de terme de comparaison soit constante ; or, cela n'est pas, puisque la vitesse de la machine peut varier de 10 pour 100.

La mesure de l'accélération comporte donc une erreur de l'ordre de l'écart de vitesse ; cette erreur n'est donc pas considérable, surtout au moment du débrayage, car l'écart de vitesse est alors au maximum de 4 à 5 pour 100. En régime établi, l'erreur est nulle et pratiquement la mesure est suffisamment rigoureuse.

Deuxième cause d'erreur. — Si l'accélération était constante, le point b serait immobile et la mesure d'accélération serait exacte (sous la réserve précédente au sujet de la première cause d'erreur). Mais l'accélération se modifie, le point b se déplace et la vitesse V_d de d n'est plus $V_d = V_n \times \frac{bd}{bn}$, et cela fausse la mesure.

Cherchons à évaluer cette erreur.

Pour cela, étudions d'une façon rigoureuse le fonctionnement du détecteur d'accélération,

Le déplacement de n est (fig. 39) $nn' = (\omega - \omega_0)\,4 \text{ mm} = H$ avec $\omega_0 = 52{,}3$.

Le déplacement de b est $bb' = 40 \text{ mm} \times \frac{d\omega}{dt} = h$.

La longueur nb est fixée à 340 mm ; nous nous proposons de calculer la longueur $nd = l$ qui donne le fonctionnement le plus satisfaisant.

Digitized by Google

On a

$$V_b = V_n - (V_d - V_n)\frac{340}{l},$$

ou

$$V_b = V_n \times \frac{340 + l}{l} - \frac{340}{l} V_d,$$

or

$$V_d = a \times h,$$

a étant un coefficient qui dépend des éléments du détecteur d'accélération et que nous déterminerons plus loin); d'où

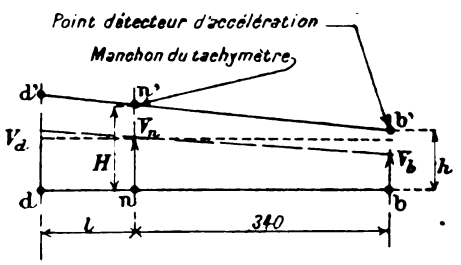


Fig 39.

$$V_b = \frac{dh}{dt} = \frac{l + 340}{l} V_n - \frac{340}{l} a \times h,$$

or

$$V_n = \frac{dH}{dt} = 4 \times \frac{d\omega}{dt},$$

d'où

$$\frac{dh}{dt} + \frac{340}{l} a \times h = \frac{l + 340}{l} \times 4 \frac{d\omega}{dt},$$

ou

$$h + \frac{l}{340\,a} \times \frac{dh}{dt} = 4 \frac{l + 340}{340\,a} \times \frac{d\omega}{dt}. \qquad (1)$$

Dans le cas d'un mouvement uniformément accéléré, $\frac{d\omega}{dt}$ est constant, $\frac{dh}{dt} = 0$ et pour avoir $h = 40 \frac{d\omega}{dt}$, il faut $\frac{l + 340}{340\,a} = 10$, d'où $a = \frac{l + 340}{3\,400} = 0{,}1 + \frac{l}{3\,400}$.

La relation (1) devient ainsi

$$h = 40 \frac{d\omega}{dt} - \frac{l}{34 + 0{,}1\,l} \frac{dh}{dt} = 40 \frac{d\omega}{dt} - \frac{10\,l}{340 + l} \times \frac{dh}{dt}. \qquad (2)$$

Le terme $-\frac{10\,l}{340 + l} \frac{dh}{dt}$ constitue l'erreur du détecteur d'accélération.

Si b monte, $\frac{dh}{dt}$ est positif, donc b est trop bas; si b descend, $\frac{dh}{dt}$ est négatif, donc b est trop haut; cette erreur est donc, dans tous les cas, un retard de b par rapport à sa position théorique.

On peut réduire les inconvénients de ce retard de deux façons :

1° En diminuant la valeur de l, on réduit l'erreur; si $l = 0$ l'erreur est nulle, mais on est limité dans la réduction de l par des raisons de fonctionnement mécanique;

2° Le retard de b étant inévitable, on pourra le corriger soit par le calcul, soit par l'expérience, en créant une légère prépondérance-accélération, comme on ferait pour compenser l'effet de freinage d'un amortisseur (voir deuxième partie).

Choix de la longueur l. — Le vannage se fermant ou s'ouvrant à vitesse constante, l'accélération varie suivant une loi linéaire. Les calculs relatifs à l'étude du volant montrent que $\frac{d\omega}{dt}$ varie de 0,18 par seconde, donc

$$\frac{dh}{dt} = 40 \times 0{,}18 = 7{,}2 \text{ mm : sec},$$

par suite l'erreur

$$\Delta h = -7{,}2 \times \frac{10\,l}{340 + l} = 7{,}2 \times \frac{150}{355} = 3{,}02 \text{ mm},$$

en prenant $l = 15$ mm.

La longueur l étant fixée, le coefficient a l'est aussi

$$a = 0{,}1 + \frac{15}{3\,400} = 0{,}104.$$

L'accélération maximum est 1,44;

$$h_{max} = 40 \times 1{,}44 = 58 \text{ mm};$$

$$V_{d\,max} = 0{,}104 \times 58 \text{ mm} = 6 \text{ mm : sec}.$$

Les cliquets P et Q font 600 courses par minute, soit 10 courses par seconde. A chaque course, ils peuvent faire tourner les roues à rochet de 5 dents; comme elles en ont 50, l'écrou peut arriver à faire un tour par seconde. En donnant à la vis K un pas de 6 mm, nous pourrons réaliser la vitesse $V_{d\,max} = 6$ mm : sec.

La liaison du masque R au point b sera facile à établir pour avoir $V_d = 0{,}104\,h$.

Etude graphique du fonctionnement du détecteur d'accélération au cours d'une perturbation. — Reprenons l'étude d'une charge complète brusque qui nous a servi à calculer le volant et proposons-nous d'étudier, au cours d'une telle perturbation, le fonctionnement du détecteur d'accélération.

La relation (2) nous donne

$$h + \frac{150\,dh}{355\,dt} = 40 \frac{d\omega}{dt} = h'$$

Digitized by Google

levée théorique de b. Nous connaissons la loi $\frac{d\omega}{dt}$ (t) (voir calcul du volant). Divisons le temps en intervalles

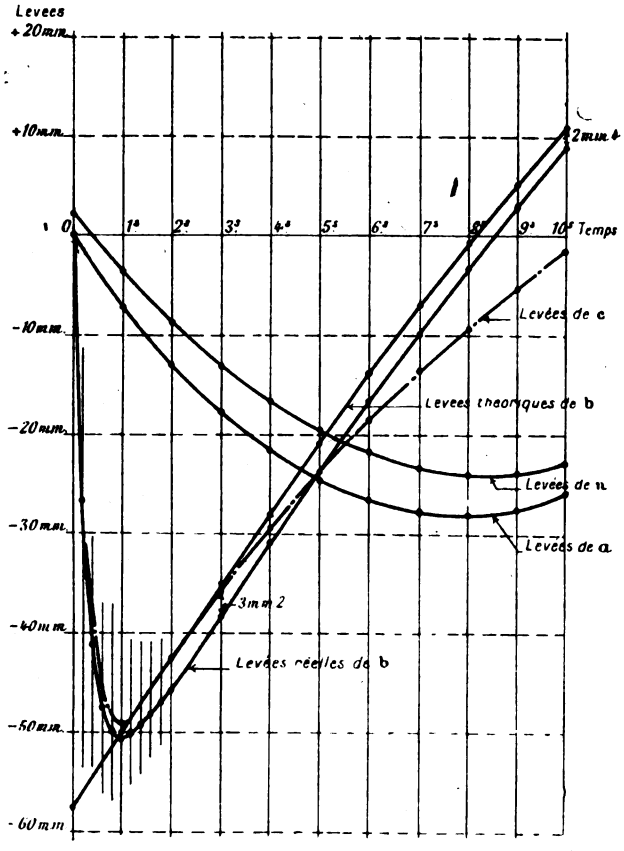


Fig. 40.

de durée $\Delta t = 0{,}2$ sec, durée assez petite pour que nous puissions admettre que la vitesse de b $\left(v_b = \frac{dh}{dt}\right)$ est constante pendant cet intervalle.

$$\frac{150}{355} \times \frac{\Delta h}{0{,}2} = h' \text{ initial} - h \text{ initial},$$

$$\Delta h = 0{,}2\,\frac{355}{150}\,(h' - h) = 0{,}473\,(h' - h),$$

h', levée théorique, est connue à chaque instant par le calcul du volant; h, levée réelle, est nulle au début de la perturbation. On calcule dans le premier intervalle son accroissement Δh, ce qui donne la valeur h initial de l'intervalle suivant, et on continue ainsi de proche en proche.

Nous ne reproduirons pas ce calcul et en résumerons seulement les résultats dans les figures 40 et 41.

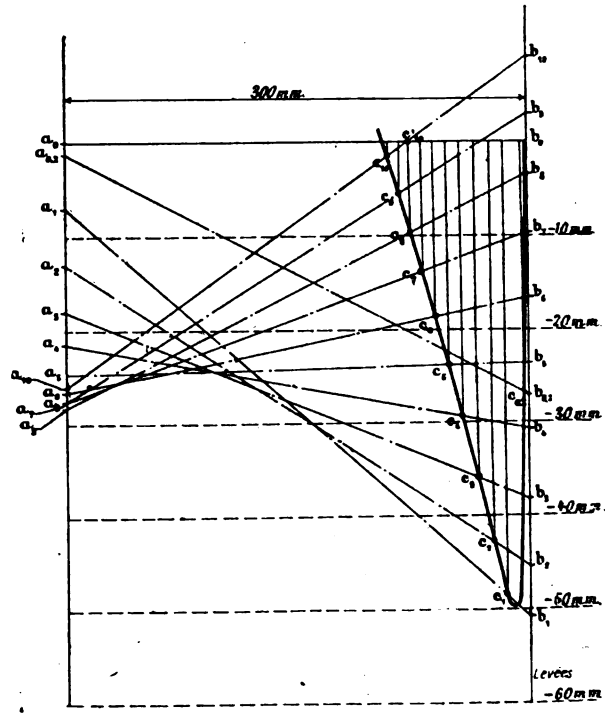


Fig. 41.

On voit que le retard au débrayage est d'environ $\frac{3}{10}$ de seconde. Une légère prépondérance-accélération (c en c'_{10} au lieu de c_{10}) permettrait de supprimer ce retard et de rétablir le fonctionnement théorique.

L. Barbillion,
Capitaine du Génie. Directeur de l'Institut polytechnique de l'Université de Grenoble.

P. Cayère,
Second maître pilote aviateur.
Ingénieur A. M. et I. E. G.

Revues, analyses et informations

Diagramme entropique du pétrole.

L'emploi du pétrole sous forme de vapeur dans de nombreux appareils rend désirable la connaissance plus précise des lois physiques de sa vaporisation, résumées sous forme de diagramme entropique. Les études poursuivies depuis de longues années par M. Jean Rey lui ont permis de tracer ce diagramme pour le pétrole ordinaire, de densité comprise entre 0,80 à 0,82. Ce diagramme a été présenté à l'une des dernières séances de l'Académie des Sciences de Paris en même temps qu'une note (1) que nous reproduisons intégralement ci-dessous.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 4 mars 1918, t. CLXVI, p. 387-390

Digitized by Google

Nous avons vérifié que la chaleur spécifique est de la forme de $c = a + bt$, t étant la température centigrade Ces mesures, effectuées sur divers pétroles, de même densité, nous ont donné, comme moyenne,

$$c = 0{,}50 + 0{,}0007\,t^0.$$

Pour la chaleur de vaporisation moléculaire, nous avons déterminé la valeur de $\frac{L}{T}$ par comparaison avec divers liquides organiques connus : le chloroforme, l'acétone, le sulfure et le chlorure de carbone.

En traçant les courbes donnant $\frac{L}{T}$ en fonction de la pression absolue, on constate que la courbe moyenne représente, avec une grande approximation, la valeur de la fonction pour le pétrole ordinaire. Cette fonction est de la forme de $\frac{L}{T} = \frac{a}{T} - b$ (a et b étant deux constantes).

Pour une série nombreuse de liquides organiques, la formule de Bingham

$$\frac{L}{T_0} = 17 + 0{,}011\ T_0$$

détermine la chaleur de vaporisation moléculaire à la température de T_0 d'ébullition sous la pression atmosphérique ; elle vérifie ainsi un point de la courbe.

D'autre part, nous avons obtenu la courbe des tensions de vapeur du pétrole ordinaire qui nous a permis de tracer les valeurs de $\frac{L}{T}$ du pétrole en fonction des températures comme des pressions absolues.

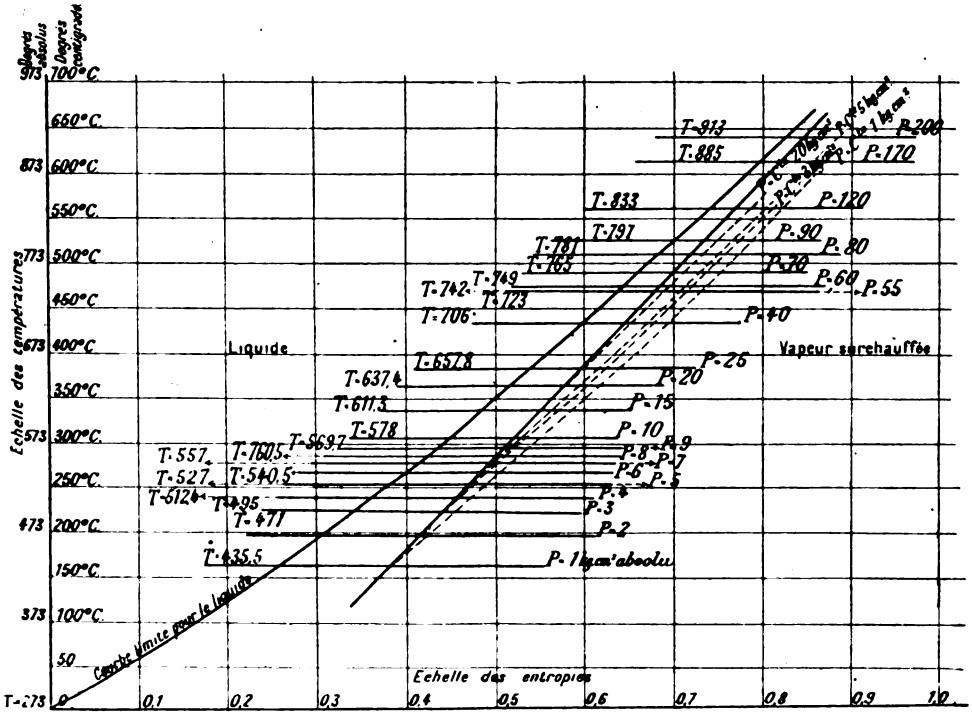


Fig. 1. — Diagramme entropique du pétrole ordinaire.

Nous avons obtenu ainsi la relation

$$\frac{L}{T} = \frac{15\,160}{T} - 12{,}42.$$

Divisant cette expression par μ, poids moléculaire du pétrole ordinaire, nous en déduisons la chaleur de vaporisation, par unité de poids, en grandes calories r, soit

$$\frac{r}{T} = \frac{82{,}4}{T} - 0{,}0775 \quad \text{ou} \quad r = 82{,}4 - 0{,}0675\ T.$$

La valeur 184 représente sensiblement le poids moléculaire pour les divers échantillons essayés. On sait que les pétroles américains répondent sensiblement à la formule $C^n H^{2n+2}$, tandis que les pétroles russes sont de la forme $C^n H^{2n}$.

Pour le pétrole ordinaire, qui n'est qu'un mélange, la valeur $C^{13}H^{28}$ est suffisamment exacte.

Ces points fixés, l'entropie du liquide est donnée par l'expression

$$S_{liq} = \int_0^T \frac{dq}{T} = \int_0^T \left[0{,}50\,dT + 0{,}0007\ (T - 273)\ \frac{dT}{T}\right]$$
$$= 0{,}3089\ L_n\left(\frac{T}{273}\right) + 0{,}0007\ (T - 273).$$

Il suffit d'ajouter à cette valeur $\frac{r}{T}$ pour obtenir l'entropie de la vapeur saturée.

On trouve ainsi

$$S_{vap} = 0{,}3089\ L_n\left(\frac{T}{273}\right) + 0{,}0007\ T + \frac{82{,}4}{T} - 0{,}2586.$$

C'est à l'aide de ces formules que nous avons tracé le diagramme.

Digitized by Google

Pour vérifier la chaleur de vaporisation, nous nous sommes servi d'une chaudière tubulaire spéciale, construite de manière à pouvoir être mise rapidement en pression. Le pétrole, une fois vaporisé, vient se condenser dans un faisceau tubulaire refroidi extérieurement par de l'eau. Il suffit alors de mesurer le débit et les températures d'entrée et de sortie de l'eau et du pétrole.

Le même appareil nous a servi à mesurer les tensions de vapeur.

Des précautions sont nécessaires, le pétrole ne pouvant rester soumis à une température élevée sans se polymériser.

De la courbe des tensions de vapeur on peut déduire l'expression suivante, où T représente la valeur absolue d'ébullition du pétrole en fonction de T_0, température absolue d'ébullition de l'eau sous la même pression

$$T = 1{,}167\ T_0 - 0{,}611\ (T_0 - 273).$$

Avec l'aide de M. Batifoulier, ingénieur, nous avons pu contrôler, jusqu'à la pression de 40 kg : cm², divers points du diagramme entropique que nous présentons.

Ces vérifications ont coïncidé avec des écarts de 1 à 2 pour 100.

L'inspection du diagramme montre immédiatement :

1° Que la vapeur saturée du pétrole ordinaire se surchauffe par la détente ;

2° Que la chaleur du liquide est toujours beaucoup plus élevée que la chaleur de vaporisation.

Il résulte de ces deux propriétés inverses de celles de la vapeur d'eau, qu'en détendant la vapeur saturée de pétrole, elle se surchauffe en même temps qu'elle produit du travail mécanique. En détendant du pétrole liquide sous pression, il se vaporise partiellement et, si la détente est suffisamment prolongée, sa vapeur se surchauffe.

Ces propriétés sont probablement les mêmes pour les principaux hydrocarbures.

Elasticité de l'impact des électrons avec les molécules gazeuses [1].

Les auteurs développent une méthode permettant de mesurer la fraction de son énergie que perd un électron dans le choc avec une molécule gazeuse, pour des vitesses d'impact inférieures à la vitesse minimum d'ionisation. Cette méthode ne peut être appliquée qu'à l'étude des gaz pour lesquels la quantité d'énergie perdue est relativement faible et qui ne donnent d'ionisation appréciable, pour les pressions, les distances et les potentiels utilisés, sous l'influence d'aucun agent, les impacts d'électrons exceptés.

Les chocs des électrons avec les atomes d'hélium apparaissent comme parfaitement élastiques pour les vitesses inférieures à celle qui correspond à un champ de 20 v : cm. Si, outre l'énergie transformée en énergie cinétique, il y a une perte quelconque d'énergie, cette perte est certainement inférieure à 0,02 pour 100 de l'énergie avant l'impact. D'où l'on peut conclure : 1° que les parties constituant un atome d'hélium sont si fermement réunies qu'elles ne peuvent se déplacer d'une manière appréciable, les unes par rapport aux autres, quand l'atome est frappé par un électron dont la vitesse est inférieure à la vitesse d'ionisation ; ou bien, si un tel déplacement se produit, la fréquence naturelle des parties déplacées doit être si élevée qu'il n'y a pas de retard appréciable entre leur mouvement et celui de l'électron qui s'approche ou s'éloigne ; 2° qu'il n'y a aucun « potentiel rayonnant minimum » inférieur au potentiel d'ionisation, 20 v. Le seul effet appréciable du passage des électrons dans le gaz est d'augmenter légèrement l'énergie cinétique moyenne des atomes et ainsi d'accroître légèrement le rayonnement calorifique ordinaire. On peut produire la même action sur le rayonnement des gaz en les chauffant.

Les chocs des électrons avec les molécules d'hydrogène et d'oxygène sont beaucoup moins élastiques que dans le cas de l'hélium et la perte d'énergie s'effectue suivant un processus plus complexe auquel ne peut être appliquée la méthode indiquée dans le mémoire que nous analysons.

A. B.

[1] J.-M. Benade et K.-T. Compton. *Physical Review*, mars 1918, 2e série, t. XI, p. 184-202, 6 000 mots, 7 fig., 1 tab.

Formules pratiques pour le calcul de la self-induction des conducteurs tubulaires [1].

En représentant par r le rayon extérieur, par q le rayon intérieur et par t la différence $r - q$, l'auteur établit d'abord la formule

$$L = \frac{1}{2}\left[\frac{r^2 - 3q^2}{r^2 - q^2} + \frac{4q^4}{(r^2 - q^2)^2}\log_e \frac{r}{q}\right] \times 10^{-9} \text{ henry},$$

qui peut aussi être remplacée par un développement en série

$$L = \frac{1}{2}\cdot\frac{t^2}{2qt + t^2}\left[\frac{8}{3} - \frac{4}{3}\cdot\frac{t}{q} + \frac{16}{15}\frac{t^2}{q^2} - \frac{13}{13}\frac{t^4}{q^3} + \ldots\right] \times 10^{-9} \text{ henry}.$$

Pour deux tubes parallèles distants de s centimètres d'axe en axe, le coefficient de self-induction s'obtient en ajoutant aux deuxièmes membres le terme $2\log_e \frac{s}{r}$. Aux très hautes fréquences, le courant se concentre de plus en plus à la périphérie par suite de l'effet pelliculaire et, par conséquent, la part de self-induction due au flux à l'intérieur du métal va en diminuant. Quand les conducteurs tubulaires aller et retour sont très rapprochés, il y a encore accumulation du courant dans les parties en regard ; d'où une autre diminution de la self-induction résultant de l'effet de voisinage. Application : deux conducteurs tubulaires d'un circuit monophasé ont pour rayon extérieur, $r = 1{,}27$ cm ; pour rayon intérieur $q = 1{,}016$ cm et, comme épaisseur de paroi, $t = r - q = 0{,}254$ cm. Leur distance d'axe en axe est $s = 20 \times 2{,}54$ cm. Si on néglige l'effet pelliculaire et l'effet de voisinage, on trouve que la self-induction est égale à $0{,}133 + 2\log_e 40 = 7{,}51$ unités absolues par centimètre de tube, soit 0,000 751 henry par kilomètre.

Pour un tube très mince, le terme 0,133 s'évanouit et la self-induction tombe à 0,000 7377 henry, soit 2 pour 100 en moins. C'est la plus petite valeur à laquelle l'effet pelliculaire peut abaisser la self-induction, sans toutefois tenir compte de l'effet de voisinage qui supposerait $s = 0$. Un fil plein de 1,27 cm de rayon aurait une self-induction kilométrique de 0,000 792 henry, soit 5 pour 100 de plus que le tube ci-dessus. Le fil massif de même section que la partie pleine du tube aurait un rayon 0,762 cm et une self-induction kilométrique de 0,000 8943 henry, soit 18 pour 100 de plus que celle du conducteur tubulaire. Ces résultats montrent l'importance des conducteurs creux pour la transmission des courants alternatifs.

[1] H.-B. Dwight. *Electrical Review*, Chicago, 9 février 1918, t. LXXII, p. 224-225, 1 200 mots, 2 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Résultats des essais au frein d'une nouvelle turbine hydraulique à grande vitesse, de la maison Escher-Wyss et Cie (Zurich, Suisse)

Nous donnons ci-dessous les résultats d'essais d'une nouvelle turbine Escher-Wyss et Cie à grande vitesse. Cette turbine présente les particularités suivantes : 1° nombre de tours élevé favorisant l'attaque directe des machines électriques; 2° rendements atteignant 83 à 84 pour 100 garantis sans chute de régime; 3° grande vitesse et rendement élevé sous-chute variable, la vitesse restant constante; 4° sous-chutes réduites (cas de crues) et vitesse constante, variations de puissance relativement faibles. Cette turbine semble donc toute désignée pour l'utilisation de chutes et débits très variables.

Dans la monographie de l'usine hydro-électrique de La Vourdiat (Compagnie électrique de la Loire et du Centre), publiée dans « La Lumière électrique », 24 juillet 1915, l'auteur annonçait que la Société Escher-Wyss, qui a concentré, au cours de ces dernières années, ses recherches sur l'étude des turbines à grand débit, venait de terminer, dans sa station de freinage, des essais concluants lui permettant de présenter un type de turbine dépassant, comme vitesse et débit spécifique, toute construction connue. Nous sommes à même aujourd'hui de donner les résultats de ces essais, entrepris par le professeur Dr Prazil, de Zurich, en avril 1915.

La turbine, dont nous reproduisons ci-dessous deux dessins, a été essayée sous trois chutes aménagées dans la station d'essais; ces chutes ont des valeurs moyennes de 1,6 m, 2 m et 2,3 m. Les courbes des figures 1 à 6 sont les caractéristiques principales de la turbine; elles représentent les résultats d'essais basés sur une chute constante moyenne. L'ouverture de la turbine a été fixée pour chaque cas (exemple $\beta = 100$ pour 100); on a fait varier le nombre de tours en changeant les poids sur la bascule et en ajustant le frein. La turbine a été essayée sous les trois chutes et à diverses ouvertures du distributeur.

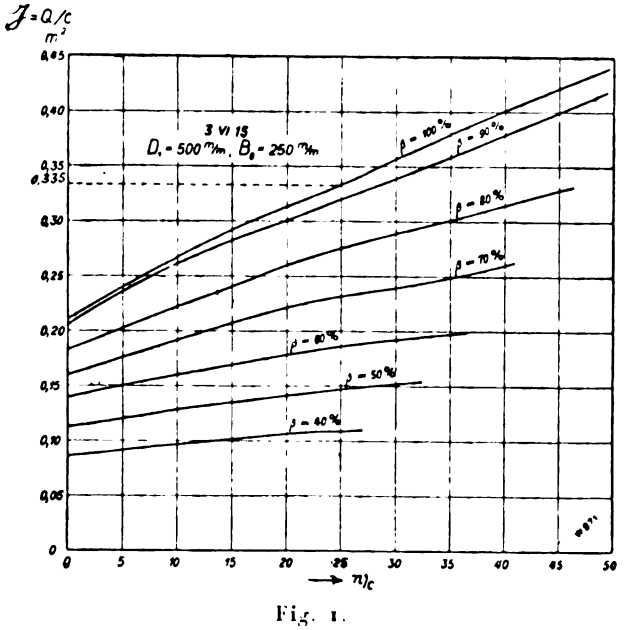


Fig. 1.

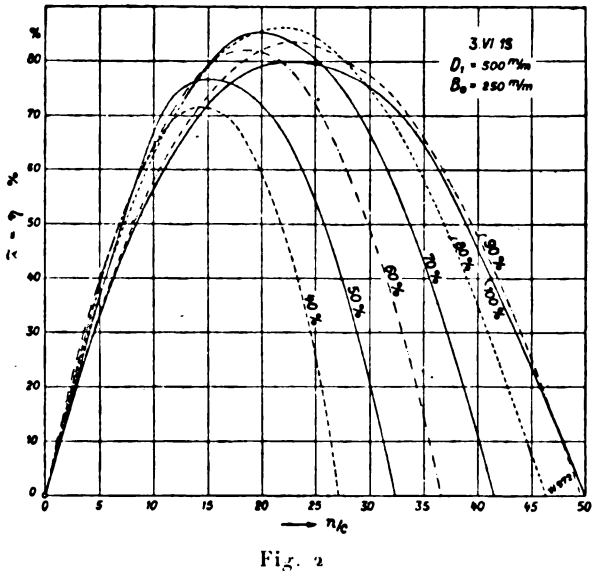


Fig. 2.

Dans les formules ci-après, Q représente le débit d'eau mesuré en mètres cubes par seconde, n la vitesse angulaire exprimée en nombre de tours par minute, H la chute en

Digitized by Google

mètres et η_1 le rendement. Pour chaque essai, on a déterminé les valeurs

$$x = \frac{n}{\sqrt{2gH}} = \frac{n}{c},$$

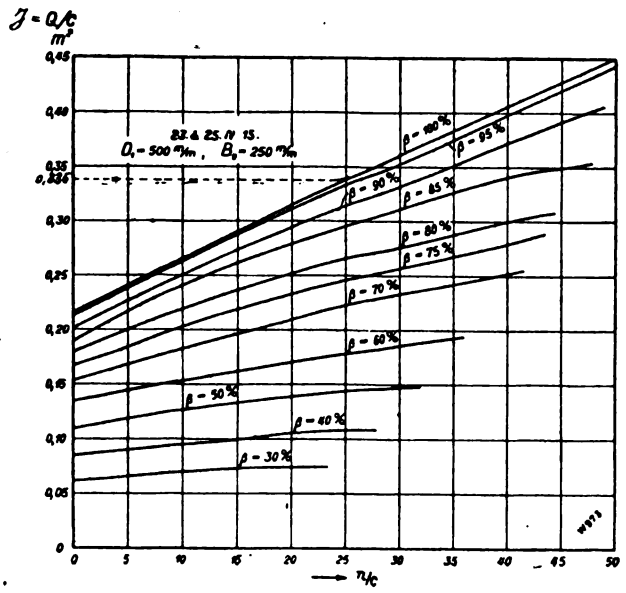


Fig. 3.

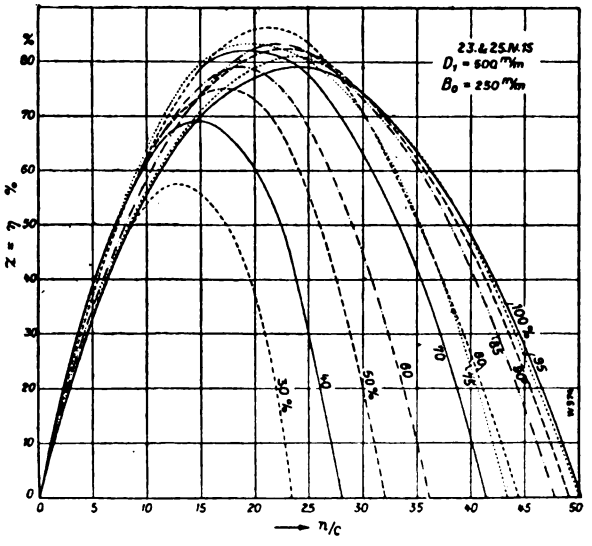


Fig. 4.

$$J = \frac{Q}{\sqrt{2gH}} = \frac{Q}{c} = y,$$

$$\eta_1 = z,$$

et on a reporté y et z en fonction de x.

Les variations de $J = \frac{Q}{c}$ sont représentées par les diagrammes 1, 3, 5 en fonction de $x = \frac{n}{c}$, pour différentes valeurs de l'ouverture β et sous les trois chutes d'essais (H = 1,6 m 2 m et 2,3 m). Les diagrammes 2, 4, 6 donnent les rendements $z = \eta_1$ en fonction de x pour différentes valeurs de β sous les trois

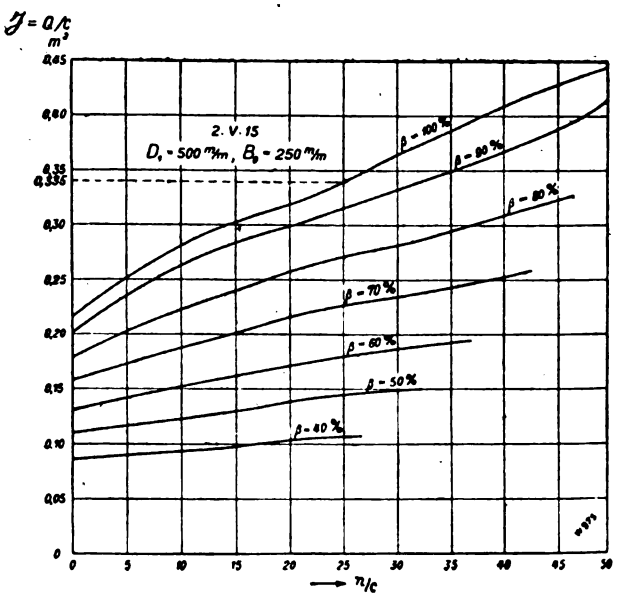


Fig. 5.

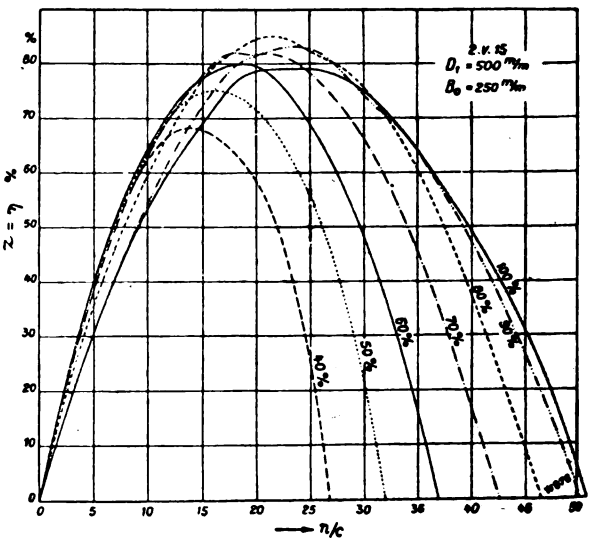


Fig. 6.

chutes. On voit que la turbine atteint, à 80 pour 100 d'ouverture, son rendement maximum $\eta_1 = 86$ pour 100, et cela pour $x = \frac{n}{c}$ = environ 22, c'est-à-dire pour une vitesse n = 97 t : min calculée pour une chute de 1 m. A pleine ouverture, la turbine atteint encore largement un rendement de 77 pour 100 pour $x = 25$, c'est-à-dire n = 111 t : min sous 1 m de chute. La valeur cor-

Digitized by Google

respondante de $J = \frac{Q}{c}$ est représentée sur les figures 1, 3 et 5; c'est $J = 0{,}335$. Il résulte de ce qui précède que, sous une chute de 1 m, $Q = 1\,485$ l : sec.

Et de ce fait, la puissance de la turbine est

$$N_{e1} = \frac{1\,000 \; 1{,}485 \; 1 \; 0{,}79}{75} = 15{,}65 \text{ ch.}$$

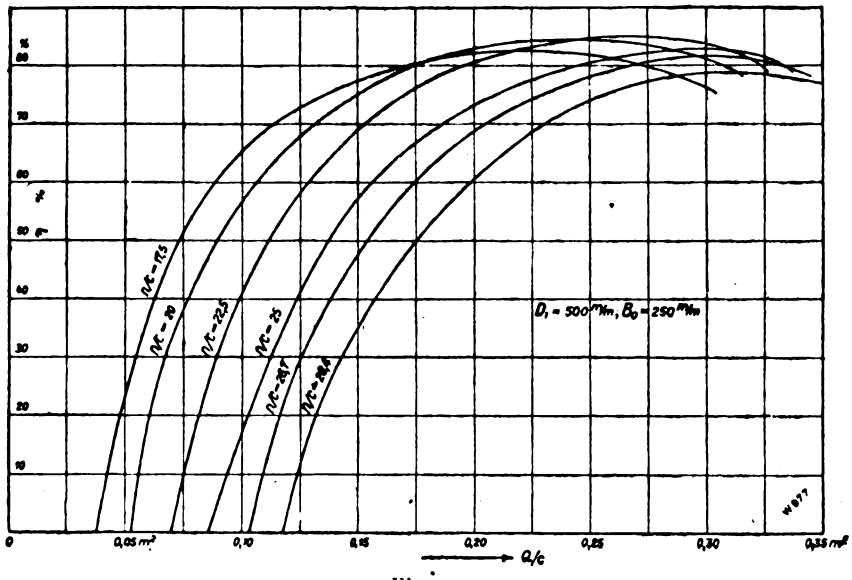


Fig. 7.

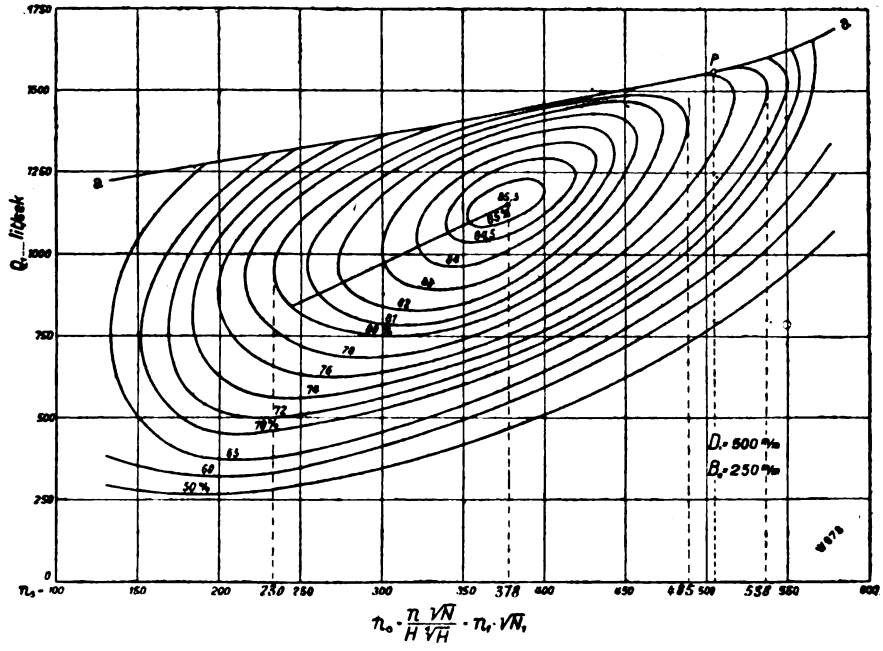


Fig. 8.

Pour $H = 1$ m, l'expression

$$n_s = \frac{n\sqrt{N_e}}{H\sqrt[4]{H}},$$

que les praticiens nomment « vitesse spécifique », devient

$$n_s = n_1\sqrt{N_{e1}} = 111.\sqrt{15{,}65} = 440.$$

La figure 7 représente la manière dont se comporte la nouvelle turbine pour une valeur constante $x = \frac{n}{c}$ et pour un débit variable. Les rendements η sont indiqués en fonction de l'ouverture, c'est-à-dire de $J = \frac{Q}{c}$ pour les six valeurs suivantes de x

$$x = 17{,}5;\ 20;\ 22{,}5;\ 25;\ 26{,}7 \text{ et } 28{,}4,$$

Digitized by Google

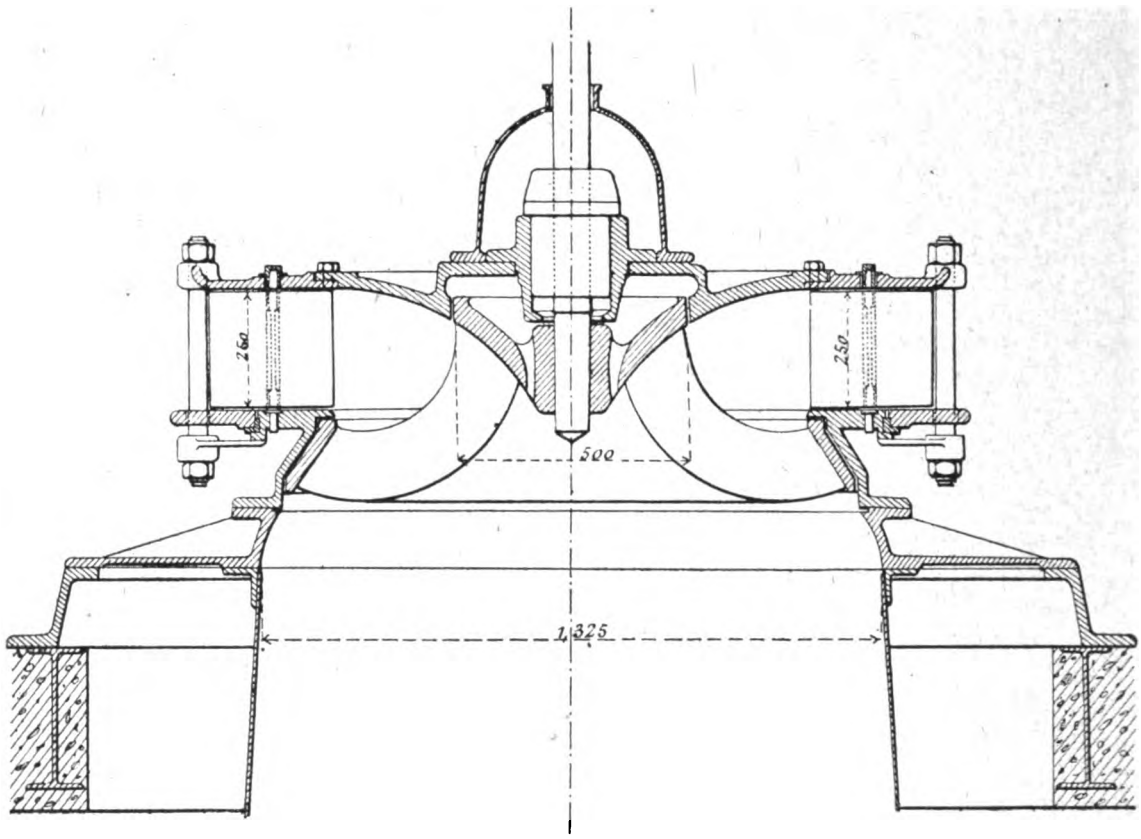


Fig. 9. — Coupe de la nouvelle turbine Escher-Wyss.

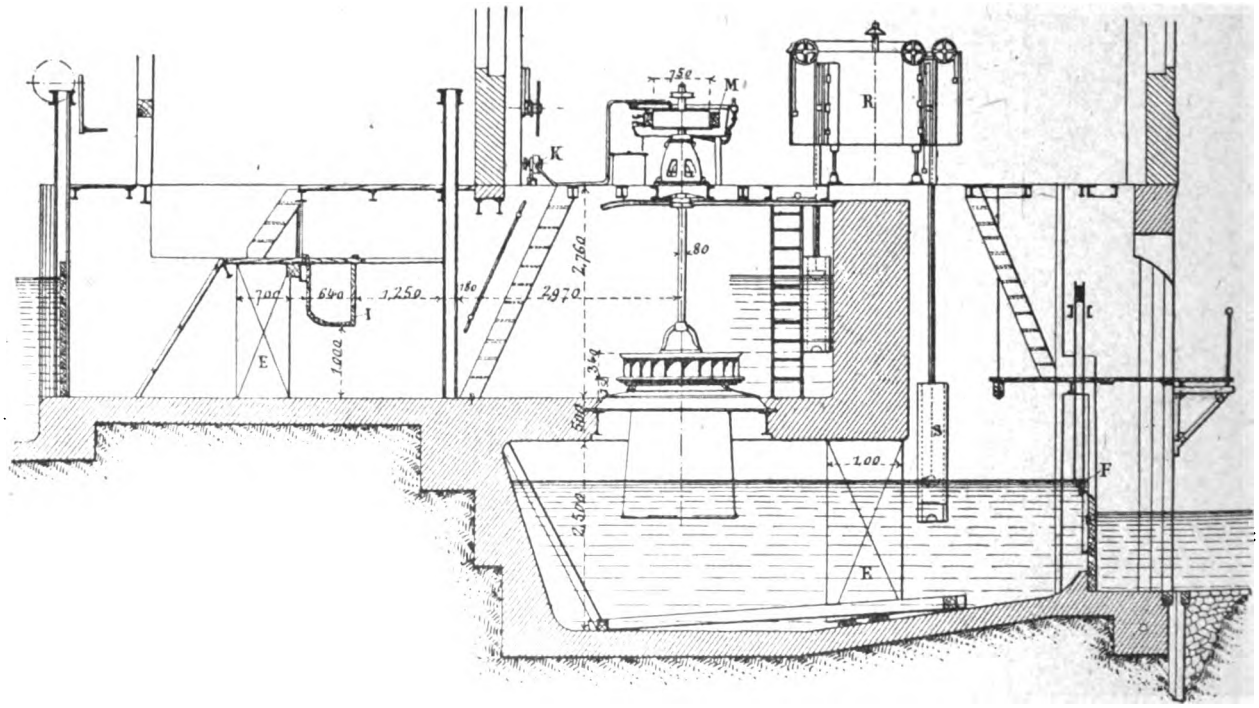


Fig. 10. — Schéma d'installation de la nouvelle turbine Escher-Wyss.

Digitized by Google

c'est-à-dire pour $n_1 = 77{,}6$; 88,7; 99,8; 111; 118,4 et 126 t : min sous une chute de 1 m. On voit par exemple, que pour la plus petite vitesse $n_1 = 77{,}6$ t:min la turbine absorbe, à pleine ouverture, un débit de

$$Q_1 = 0{,}30\sqrt{2g.\ 1} = 1\ 330\ \text{l : sec}$$

sous 1 m de chute et que son rendement dans ces conditions est encore de $\eta_1 = 76$ pour 100. On a alors une puissance de $N_{e1} = 13{,}5$ ch et une vitesse spécifique de $n_s = 285$. Tournant à ce nombre de tours spécifique constant, la turbine donne encore, avec la moitié du débit, soit $\frac{Q}{c} = 0{,}15$ un rendement d'environ 78 pour 100, supérieur au rendement à pleine ouverture, ce qui est souvent désiré dans des cas spéciaux. Le rendement maximum à cette vitesse est de 83 pour 100 avec $\frac{Q}{c} = 0{,}225$, c'est-à-dire une charge de 75 pour 100.

A la vitesse maximum $n_1 = 126$ t : min, soit $\frac{n}{c} = 28{,}4$ on voit, sur la figure 7, que $\frac{Q}{c} = 0{,}35$, c'est-à-dire que la turbine absorbe encore un débit $Q_1 = 1\ 550$ l : sec sous 1 m de chute et donne encore, dans ces conditions, un rendement de 77 pour 100. On obtient ainsi une puissance de $N_{e1} = 15{,}9$ ch et une vitesse spécifique $n_s = 503$.

Le diagramme de la figure 8 renferme toutes les caractéristiques de la turbine. Les courbes de niveau sont celles du rendement constant en fonction du nombre de tours spécifique et du débit calculé pour 1 m de chute. La ligne *aa* indique les quantités d'eau maximum passant par la turbine aux différents nombres de tours spécifiques. Comme on le voit, la nouvelle turbine travaille avec un rendement de 80 à 85,5 pour 100 entre les vitesses spécifiques de 230 à 485 : donc dans des limites très étendues. Entre 350 et 400, son rendement est partout de 85 pour 100 et plus. A une vitesse spécifique de 550, il est encore d'au moins 74 pour 100. Le plus haut nombre de tours spécifique, atteint avec la nouvelle turbine, est de $n_s = 610$.

Malgré ces vitesses spécifiques élevées, la turbine donne, également à charges partielles, encore un rendement favorable, comme on peut s'en rendre compte sur la figure 8. Par exemple, si $n_s = 450$, sa capacité d'absorption maximum Q_1 est de 1 500 l : sec pour un rendement de $\eta_1 = 79$ pour 100; si l'on ferme alors lentement la turbine, le nombre de tours restant constant, son rendement monte d'abord à 81 pour 100 pour $Q_1 = 1470$ l : sec, puis à 82,5 pour 100 pour $Q_1 = 1350$ l : sec, pour retomber ensuite à 81 pour 100 pour $Q_1 = 1150$ l : sec; le rendement est encore de 78 pour 100 pour $Q_1 = 1010$ l : sec, et de 75 pour 100 pour $Q_1 = 930$ l : sec, c'est-à-dire à 5/8 de charge.

Il résulte des essais décrits ci-dessus que la nouvelle turbine a les qualités suivantes :

1° Une vitesse spécifique très élevée en même temps qu'un haut rendement.

2° Les caractéristiques principales (fig. 1, 3, 5) montrent que, dans tous les cas, la consommation d'eau augmente si la vitesse devient plus grande, la chute et l'ouverture du distributeur restant constantes, et que, par conséquent, la consommation d'eau de la turbine diminue moins quand la chute diminue, la vitesse restant constante.

3° Les caractéristiques principales prouvent, d'une manière évidente, la parfaite stabilité de marche entre de grandes limites de chute.

4° L'emploi de cette turbine paraît donc, au point de vue hydraulique, très avantageux pour toutes les installations à basse chute où cette dernière varie considérablement. Il suggère le remplacement de la disposition à plusieurs roues à axe horizontal par la disposition à une seule roue à axe vertical. L'utilisation de cette nouvelle roue, dans les installations à chute moyenne, permet également la réalisation d'avantages d'ordre économique.

5° Les résultats obtenus, lors des essais de rupture faits à l'usine, ont démontré que la construction de cette turbine répond aux exigences de résistance pouvant entrer en ligne de compte dans n'importe quelle exploitation.

Ajoutons que la maison Escher-Wyss a déjà installé environ 150 turbines de ce type jusqu'à 3 000 ch par unité, tant en France qu'à l'étranger. La figure 9 en est un dessin schématique ; la figure 10, montre la turbine

Fig. 11. — Roue motrice de la nouvelle turbine Escher-Wyss.

installée et le cliché ci-dessus (fig. 11) est la reproduction photographique d'une roue motrice.

J. Reyval.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Démarreurs électriques pour automotrice à pétrole (1).

Un point essentiel pour le démarrage c'est de posséder une bonne batterie d'accumulateurs, capable de fournir des courants intenses pendant de courtes périodes. Le moteur doit pouvoir supporter ces forts courants; mais comme l'automotrice prend très rapidement sa vitesse, le moteur peut, naturellement, fonctionner avec de fortes densités de courant; pour qu'il puisse développer un couple de démarrage important, il doit être du type à enroulement série.

Les plus simples démarreurs électriques sont ceux qui sont munis d'un entraînement à friction, comme celui représenté sur la figure 1. L'extrémité de l'axe de l'induit du

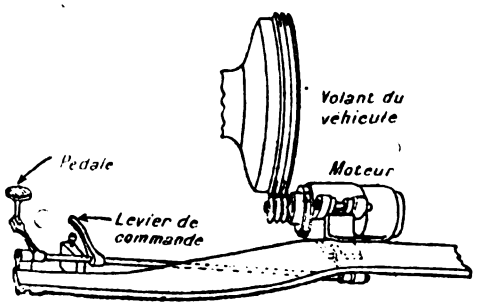


Fig. 1. — Démarreur électrique à entraînement à friction.

moteur porte un tambour à frottement muni de trois rainures et quand on met le moteur en fonctionnement les rainures de la poulie embrayent avec celles du volant. C'est ce qu'on réalise en appuyant sur une pédale qui, par l'intermédiaire d'une tige, fait balancer le moteur sur sa charnière jusqu'à ce que la poulie et le volant soient amenés au contact. En même temps, un petit bras fixé sur la tige appuie sur un interrupteur et met le moteur en marche. Dans quelques cas, la poulie de frottement qui est amenée au contact du volant est entraînée par le moteur au moyen d'un axe avec joints universels, et la poulie du moteur est souvent une poulie métallique sans rainures; elle frotte directement sur la surface plane du volant. La batterie qui actionne ces démarreurs est chargée au moyen d'une dynamo qui fournit aussi le courant pour l'éclairage.

Dans plusieurs cas un pignon disposé sur l'arbre du démarreur forme engrenage avec des dents situées à la périphérie du volant. Quand l'interrupteur est fermé, le pignon passe immédiatement à la position d'entraînement et, quand l'appareil a démarré, il se dégage de lui-même, automatiquement. La figure 2 représente un dispositif permettant de constituer l engrenage avec les dents du volant.

A l'extrémité de l'arbre de l'induit est disposé un ressort qui, lorsque l'interrupteur du moteur est ouvert, ramène l'induit en arrière, en sorte que le centre de l'armature n'est pas au centre des pôles. Quand l'interrupteur du démarrage est fermé, cependant, le champ magnétique intense produit par l'enroulement série sur les pôles entraîne l'induit en avant, malgré l'action du ressort et lui fait prendre sa position correcte. Le mouvement axial, comme on peut le voir sur la figure 2, embraye les dents du pignon avec celles du volant. Grâce au champ très puissant qui prend naissance sous l'influence de l'impulsion initiale du courant, l'induit tourne au début très lentement, et les dents qui n'ont pas

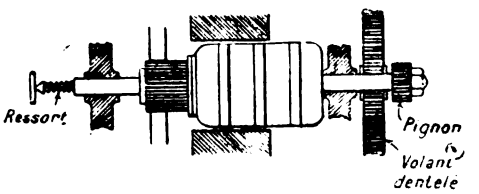


Fig. 2. — Méthode par déplacement de l'induit.

embrayé ne subissent aucune détérioration. Aussitôt que le démarrage a eu lieu, la charge du moteur est naturellement réduite et, comme celui-ci est à enroulement série, le champ est considérablement affaibli; il en résulte que le ressort spiral ramène l'armature en arrière et que le pignon se dégage des dents du volant. Pour faciliter l'embrayage et le désembrayage les dents sont habituellement à chanfrein.

Une autre méthode pour embrayer le pignon du moteur et le dégager des dents situées sur la périphérie du volant consiste à munir le moteur d'un axe fileté (fig. 3). L'ouverture

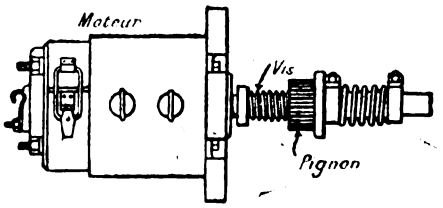


Fig. 3. — Méthode utilisant un axe fileté.

pratiquée au centre du pignon est également filetée, et le pignon est disposé sur la partie filetée de l'arbre. Aussitôt que le moteur commence à tourner, le filetage amène le pignon à embrayer avec les dents disposées à la périphérie du volant, l'inertie du pignon l'empêchant de tourner; mais aussitôt l'automotrice est en marche et que sa vitesse augmente et dépasse celle du moteur, l'action s'inverse. Le pignon, recule sur le filetage jusqu'à ce qu'il soit débrayé des dents du volant. Un poids non équilibré fixé au pignon facilite le mouvement de celui-ci le long de l'axe quand le moteur a démarré et empêche aussi le pignon de s'embrayer avec les dents du volant par suite des vibrations. Il y a une tendance marquée, actuellement, à employer le type de démarreur à embrayage, de préférence au type d'entraînement à friction et MM. Vandervell and Co ont récemment introduit sur le marché un démarreur du premier genre.

Comme toute dynamo peut fonctionner comme moteur sans la plus légère modification, il s'ensuit qu'une seule dynamo devrait suffire pour le démarrage et l'éclairage de l'automotrice. Cependant, jusqu'ici, peu de progrès ont été réalisés dans cette voie. Bien que la construction d'un dispositif de démarrage et d'éclairage combinés ne semble pas, à première vue, présenter de grandes difficultés: tous ceux qui ont abordé le problème ont constaté que la mise au point d'un appareil bon marché, léger, de volume réduit et

(1) *Electrician*, 1er février 1918, t. LXXX, p. 640-641, 2 200 mots, 4 fig.

Digitized by Google

d'un bon rendement demande beaucoup de soins, car les conditions de fonctionnement sont quelque peu exceptionnelles. Quand elle agit comme moteur de démarrage, la dynamo doit pouvoir prendre un courant intense, (suffisant, en fait, dans quelques cas, pour lui permettre de développer environ 1 ch); quand elle fonctionne comme générateur, elle doit pouvoir donner une tension constante et un courant modéré dans un grand intervalle de vitesses. Pour remplir ces conditions, plusieurs modèles ont été proposés; mais, bien que certains soient ingénieux et fonctionnent d'une manière plus ou moins satisfaisante, les complications qu'ils entrainent ont dans quelques cas amené le prix de revient à dépasser celui de deux appareils indépendants. Des appareils présentant deux collecteurs et deux induits, et autres dispositifs non habituels, reviennent naturellement plus cher que ceux construits suivant un modèle normal. Ils sont en outre plus sujets à se dérégler.

Un des avantages du système unitaire est que la dynamo peut être couplée d'une manière permanente sur l'automotrice. Au démarrage, la force contre-électromotrice de la dynamo fonctionnant comme moteur va en croissant et finit par dépasser la tension de la batterie; le démarreur devient alors générateur et fournit du courant pour l'éclairage. Un dispositif, construit il y a quelque temps par la « General Electric Company of America » et introduit en Angleterre par la « B. T. H. Company », est d'un modèle très simple et semble appelé à un certain avenir. Il ne diffère d'une dynamo ordinaire qu'en ce qu'il est muni d'un balai auxiliaire, de pôles auxiliaires, d'un enroulement inducteur série et d'un enroulement inverse à fil fin, en outre de l'enroulement shunt ordinaire (fig. 4). Quand l'interrupteur

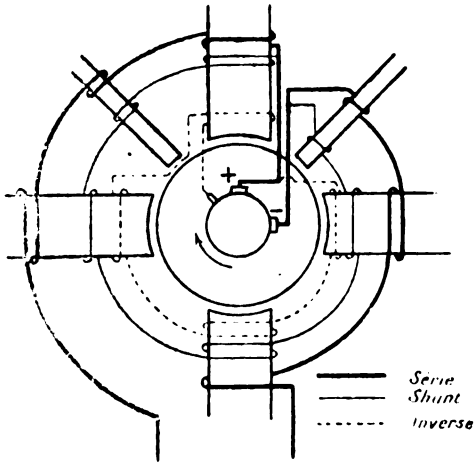


Fig. 4. — Méthode utilisée par la « General Electric Co » (U. S. A.).

est fermé le courant traverse l'induit et les enroulements séries : le couple développé est suffisant pour permettre le démarrage. L'interrupteur de démarrage est actionné en appuyant sur un bouton; mais l'interrupteur s'ouvre à nouveau aussitôt que le moteur de l'automotrice commence à fonctionner et, lorsque est atteinte la vitesse pour laquelle la dynamo donne la tension de charge requise, un interrupteur automatique, actionné par un électro-aimant, la relie à la batterie. L'interrupteur automatique est, naturellement, nécessaire pour empêcher la batterie d'envoyer du courant dans la dynamo quand la vitesse du véhicule tombe au-dessous de la valeur qui donne la tension de charge correcte. Pendant le démarrage les enroulements shunt direct et inverse sont actionnés aussi bien que l'enroulement série; mais à cause du courant intense qui passe de l'enroulement série dans l'induit, l'effet des deux autres enroulements inducteurs est insignifiant et peut être négligé. Le véhicule ayant démarré, et l'interrupteur ayant été ouvert comme il vient d'être décrit, l'interrupteur automatique branche à nouveau la batterie dès que la machine engendre la tension correcte de charge. Comme on le voit sur la figure 4, l'enroulement shunt principal est branché sur les balais principaux à la manière habituelle; par suite, en l'absence de l'enroulement shunt inverse, la tension s'élèverait avec la vitesse. Le courant dans cet enroulement inverse est pris sur le balai positif et un balai auxiliaire disposé à 35° en avant du premier.

Les sections de l'induit comprises entre ces deux balais coupent le flux interpolaire fourni par l'enroulement shunt principal, de manière que la tension auxiliaire entre le balai positif et le balai auxiliaire soit également proportionnelle à la vitesse et le flux inverse qu'elle détermine est juste capable de contrebalancer l'augmentation de tension produite par l'augmentation de vitesse.

La tension principale se maintient ainsi pratiquement constante. Sur son trajet jusqu'à la batterie, le courant traverse cependant l'enroulement série des pôles et s'oppose au flux de l'enroulement shunt inverse plus fortement que ne le fait le flux de l'enroulement shunt principal; il en résulte qu'à mesure que la charge augmente la tension s'élève légèrement et compense ainsi la chute de tension qui se produit dans le circuit. A. B.

L'effet des circonstances de guerre sur le prix de revient et la qualité du service électrique.

L'étude de ce sujet a été faite, pour les exploitations de stations centrales des Etats-Unis, par deux techniciens américains. Ils ont signalé les effets déjà rendus apparents par les dernières statistiques et ceux qu'on peut s'attendre à voir se développer dans l'avenir, pendant la suite de la guerre et après sa fin. Quoique ce travail (1) traite spécialement de la distribution de l'énergie électrique pour lumière et force motrice, les influences générales dont il y est question s'exercent sur tous les genres de services publics.

Nous donnons ici une courte analyse de cette étude.

L'influence des circonstances de guerre sur la distribution de l'électricité se fait sentir des diverses manières suivantes :

1° En rapport avec l'exploitation :

a) Augmentation des salaires et appointements payés pour l'exploitation;

b) Difficulté de conserver les agents compétents;

c) Accroissement de prix et rareté du combustible; son manque d'uniformité; son amoindrissement de qualité;

d) Accroissement du prix des autres matières et fournitures nécessaires à l'exploitation et à l'entretien;

e) Nécessité de protéger les établissements contre les agents de l'ennemi;

f) Augmentation des impôts;

g) Diminution possible de la consommation d'énergie des clients ordinaires;

h) Changements possibles du facteur de charge.

2° En rapport avec les extensions d'installation :

(1) L.-S. Goodman et W.-B. Jackson. *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, janvier 1918, t. xxxvii, p. 33-39.

Digitized by Google

a) Nécessité dans bien des cas d'être promptement en mesure de desservir de nouveaux clients importants, permanents ou temporaires ;

b) Prix anormalement élevé des installations destinées à desservir les nouveaux clients ;

c) Loyer élevé et rareté des capitaux ;

d) Difficulté d'obtenir le matériel dans des délais raisonnables.

Quoique les salaires et appointements payés au personnel des compagnies de distribution aient graduellement monté pendant les années qui ont précédé l'entrée en guerre des Etats-Unis, les progrès de la technique et de l'organisation ont diminué constamment les frais de main-d'œuvre dans le prix de revient du kilowatt-heure produit. Les circonstances de guerre ont grandement modifié cette situation. Dans les travaux ordinaires de l'état de paix, la main-d'œuvre va toujours en se raréfiant depuis la guerre à cause de l'arrêt de l'immigration, de la demande d'ouvriers par les industries de l'Etat et de la conscription militaire ; de plus, il faut permettre aux employés de supporter la cherté plus grande de la vie, et il y a concurrence entre les industriels pour retenir les agents expérimentés et en obtenir de nouveaux. Toutes ces causes ont pour effet d'élever les salaires. Il est reconnu que le prix de la main-d'œuvre dans les services publics doit augmenter encore.

Les statistiques officielles des Etats-Unis montrent que l'accroissement des salaires moyens payés par employé (non compris chefs de services et directeurs) a été de 11 pour 100 de 1902 à 1912. Jusqu'ici, pendant la période de guerre, les salaires des employés d'industrie ont monté de 15 à 50 pour 100, et la moyenne peut être prise à 25 pour 100.

Les salaires totaux payés aux employés des usines d'électricité des Etats-Unis constituent environ un tiers de la dépense totale d'exploitation, en comprenant dans celle-ci le prix de l'énergie achetée et les frais de renouvellement de matériel, mais non l'intérêt du capital emprunté. D'après l'allure des accroissements pendant les dix dernières années, nous trouvons que, en 1917, s'il n'y avait pas eu de perturbation, les salaires et appointements payés par les compagnies de distribution d'électricité se seraient montés à 450 millions de francs, dont un septième pour les appointements des directeurs et chefs de service, et six septièmes pour les salaires. Un accroissement de 25 pour 100 sur les salaires donne donc lieu pour les compagnies à une dépense supplémentaire de 95 millions par an.

Il y a, de plus, difficulté à conserver les agents compétents. La conscription, l'enrôlement volontaire en ont enlevé une partie ; les industries de guerre en ont attiré une autre par leurs salaires élevés. En ce qui concerne la conscription du moins, on espère que le gouvernement ménagera une industrie si indispensable à ses besoins. Cette situation se fait déjà sentir non seulement par l'élévation des salaires, mais par les frais qu'il faut engager pour former de nouveaux agents. Il faut prévoir de continuels changements de personnel, ce qui diminuera le rendement d'exploitation et la qualité du service, non seulement dans la partie technique, mais aussi dans la partie administrative.

Le prix du combustible est un facteur très important du prix de revient total de l'énergie distribuée. La statistique officielle montre que ce poste de dépense, pour toutes les compagnies électriques des Etats-Unis, se serait monté à 250 millions de francs pour 1917 en circonstances normales et aurait figuré pour 60 à 65 pour 100 de la dépense de production normale. Or, le prix de la tonne de charbon pour les compagnies de distribution d'électricité a monté de 100 pour 100 environ du fait des circonstances de guerre ; donc l'accroissement du prix de revient total, dû à l'accroissement du prix du charbon, est 250 millions de francs. En même temps, la qualité du charbon ayant baissé, son tonnage a dû être accru d'au moins 10 pour 100, d'où une nouvelle augmentation de 50 millions de francs, total 300 millions.

La régularité du service a déjà été atteinte par la difficulté d'obtenir le charbon dans les régions où les transports sont rendus difficiles par l'encombrement actuel. Des dépenses anormales ont dû être engagées par les compagnies pour se constituer une réserve de charbon suffisante. Les stations centrales à vapeur auraient dû fournir en 1917, en circonstances normales, 13 milliards de kilowatts-heures, et s'il faut en moyenne 1,36 kg de charbon par kilowatt-heure, les compagnies auraient donc consommé environ 17,5 millions de tonnes, ce qui représente à peu près 3 pour 100 de la quantité totale extraite des mines. On pourrait donc constituer à chaque compagnie d'électricité une forte réserve de charbon en n'y consacrant qu'une très faible partie du stock national entier.

Les matières et fournitures autres que le combustible, employées dans l'exploitation et l'entretien courant des usines génératrices, figurent dans les frais de production normaux pour une proportion de 15 pour 100 environ. Leur renchérissement a été considérable : 75 pour 100 en moyenne. C'est un accroissement des frais usuels de 150 millions de francs pour 1917.

Contre les intentions malfaisantes des agents de l'ennemi, la protection des usines et des réseaux par clôtures, éclairage, surveillance spéciale, doit coûter au moins 10 ou 15 millions de francs annuellement.

Chapitre des impôts : les statistiques officielles indiquent que les impôts payés par les compagnies électriques en 1917 auraient atteint en temps normal le chiffre de 125 millions de francs. On peut prévoir que l'accroissement, du fait de la guerre, sera compris entre 25 et 50 millions pour 1917.

L'addition des chiffres précédents montre que les dépenses supplémentaires imposées aux compagnies d'électricité par les circonstances de guerre sont les suivantes :

TABLEAU I.

	MILLIONS DE FRANCS
Augmentation des salaires et appointements relatifs à l'exploitation	95
Augmentation du prix du combustible	300
Augmentation du prix des autres fournitures	150
Augmentation des impôts	37,5
	582,5

Ceci fait un quart du revenu brut normal, estimé pour 1917, de toutes les compagnies d'électricité, et fait disparaître deux tiers du montant qui aurait été disponible pour intérêts, dividendes et sommes à reporter. Ce chiffre ne comprend d'ailleurs pas les dépenses supplémentaires causées par la difficulté de retenir le personnel expérimenté et par les frais de protection contre la malfaisance. Les compagnies d'électricité se trouvent donc mises dans une situation critique que rend plus menaçante encore l'impossibilité de prévoir l'accroissement de ces dépenses supplémentaires.

Il faut s'attendre à ce que les Américains, comprenant mieux la nécessité des économies imposées par la guerre,

Digitized by Google

réduiront notablement leur éclairage dans les habitations particulières et les locaux commerciaux. Cet effet commence seulement à être ressenti par les compagnies; il affectera notablement leur revenu net.

Il faut considérer aussi l'influence des circonstances de guerre sur les extensions d'installations. Beaucoup de compagnies d'électricité doivent en ce moment faire face, non seulement au développement normal de leur entreprise, mais à de grosses demandes d'énergie venant des usines travaillant pour la guerre, c'est-à-dire pour presque tous les besoins de la vie, depuis les constructions navales jusqu'aux tissus et aux matières alimentaires. Il y a, en effet, tout avantage, pour les fabricants de munitions et autres matériaux de guerre, à s'adresser aux usines génératrices pour l'énergie qui leur est nécessaire, car ils sont libres ainsi de consacrer toute leur activité à leurs fabrications respectives; de plus, l'usine génératrice permet de tirer le plus d'énergie disponible d'une tonne de combustible; elle réduit la puissance électrogène nécessaire à installer en profitant de la diversité qui existe entre les besoins des différents établissements industriels desservis; elle donne le maximum d'énergie utile pour chaque homme occupé à la production de cette énergie. Elle permet aussi aux constructeurs de matériel électrogène de se consacrer à la construction des machines puissantes employées par les stations centrales, ce qui permet de construire le matériel le plus puissant possible dans un temps donné. Ces avantages de la fourniture d'énergie par les stations centrales sont si grands que le gouvernement devrait employer tous moyens raisonnables d'encourager les compagnies de distribution et de décourager les installations génératrices particulières pendant la période de la guerre.

Les compagnies d'électricité, qui ont actuellement à desservir des demandes extraordinaires de grande importance, à des prix bien au-dessus de l'échelle normale pour le matériel et les frais d'installation, doivent de plus considérer le fait que, dans bien des cas, une grande partie de ces débouchés nouveaux sera de nature temporaire et ne sera pas remplacée par des demandes équivalentes après la guerre.

Si jusqu'ici les compagnies d'électricité ont fait face admirablement aux exigences de la situation, ce n'a été qu'aux dépens de leur matériel de réserve, car il n'y a presque pas eu de capitaux consacrés à de grandes extensions depuis que les États-Unis sont entrés en guerre. Les demandes de puissance devant croître encore, certaines mesures de guerre permettant d'y faire face pourront être adoptées par le gouvernement. L'une consisterait à supprimer ou à restreindre, particulièrement aux heures de pointe, les fournitures de lumière et de force motrice qui ne sont indispensables, ni aux intérêts de la guerre, ni aux besoins essentiels de la population; une autre serait que le gouvernement veillât à ce que les capitaux nécessaires aux extensions intéressant la conduite de la guerre pussent être obtenus à des conditions raisonnables.

Les chiffres suivants indiquent en gros l'effet des prix de guerre sur l'industrie des compagnies de distribution. La statistique officielle indique que les revenus totaux perçus par les compagnies de distribution d'électricité en 1912 se sont montés à 1510 millions de francs, et les frais totaux d'exploitation, sans y comprendre l'intérêt de la dette, à 920 millions, ce qui laissait un bénéfice brut total de 590 millions. Les frais de première installation étaient pour cette même année de 10 900 millions environ. Pour une croissance normale des revenus et des frais d'exploitation, le bénéfice brut total en 1917, avant déduction de l'intérêt de la dette, aurait atteint 925 millions. Si l'on estime que les frais de première installation se sont élevés en cette année à 17 500 millions, soit un accroissement de 60 pour 100 en cinq ans, le bénéfice ci-dessus représenterait 5,3 pour 100 de ces frais de première installation. Mais l'accroissement des frais d'exploitation représente, d'après les chiffres donnés plus haut, une somme globale de 582,5 millions soit un accroissement de 40 pour 100; cela réduit le bénéfice à 342,5 millions, ce qui fait moins de 2 pour 100 des frais de première installation.

Beaucoup de compagnies ont paré en partie à l'augmentation actuelle des prix de revient en introduisant des clauses relatives au prix du charbon dans les contrats avec les gros clients de lumière et de force motrice. Mais quand même ces clauses pourraient être appliquées à tous les tarifs d'électricité, ce qui ne se peut pas, elles ne constitueraient qu'un remède incomplet, puisque l'augmentation du prix du charbon n'entre que pour une moitié environ dans l'augmentation du prix de revient total.

Tout ce qu'on vient de dire au sujet de l'effet des circonstances de guerre sur le service des stations centrales s'applique aussi au prix de revient de l'énergie produite par des installations particulières. Ces prix élevés, la difficulté de se procurer le matériel neuf et les fournitures nécessaires à l'exploitation, l'accroissement des commandes faites à l'industrie, tout a concouru à pousser l'industriel à demander à la station centrale tout ou partie de la puissance qui lui est nécessaire. C'est là une modification avantageuse pour l'économie du combustible, mais les compagnies d'électricité ne peuvent accepter ces suppléments de charge qu'à des tarifs établis en considération des circonstances de guerre. Il y a là d'ailleurs un sujet d'inquiétude pour elles; c'est de voir, après la guerre, leur matériel électrogène augmenté d'une façon anormale, alors que l'activité industrielle viendrait à décroître et que les clients de cette catégorie remettraient en marche leur usine génératrice particulière.

Tels sont les effets des circonstances de guerre au point de vue de l'accroissement des demandes d'énergie. On n'a guère encore constaté, aux États-Unis, les effets opposés des économies qu'imposent ces mêmes circonstances. En Angleterre, le danger des raids aériens et la nécessité d'économiser le charbon ont notablement réduit et dans certains cas fait presque disparaître l'éclairage des rues, et les restrictions gouvernementales, ainsi que les économies volontaires des particuliers, ont beaucoup diminué l'éclairage domestique et commercial. De telles pertes de clientèle, jointes à l'augmentation des prix des matières et de la main-d'œuvre, font monter le prix de revient du kilowatt-heure d'une façon qu'on ne peut pas compenser par des économies de la part de la compagnie exploitante. Il en est résulté une augmentation universelle des tarifs, augmentation soit uniforme et identique pour la lumière et la force motrice, soit différente pour les deux usages, soit encore non pas uniforme, mais basée sur le prix du combustible. Les augmentations uniformes varient de 10 à 50 pour 100 par rapport aux tarifs antérieurs à la guerre. Ainsi les tarifs de Londres ont été augmentés de 50 pour 100.

Pour économiser les ressources nationales, le gouvernement pourra, en Amérique, comme dans beaucoup de pays d'Europe, prescrire l'avance de l'heure, qui permet une meilleure utilisation de la lumière naturelle. L'effet d'une telle mesure sur le prix de revient de l'énergie électrique est à peu près le même que celui qui résulte des économies volontaires des consommateurs, c'est-à-dire qu'il diminue la consommation de l'énergie sans diminuer dans la même propor-

Digitized by Google

tion les dépenses de production et de distribution. Cela pourra donc rendre nécessaire une élévation des tarifs de vente.

Il faut donc reconnaître en somme que les compagnies d'électricité peuvent, dans certains cas, être obligées d'exploiter avec un personnel insuffisant comme nombre et comme compétence, et de pousser l'utilisation de leur matériel jusqu'à un point tel que la qualité de leur service en soit abaissée. P. L.

Unification des vitesses angulaires des turbines commandant des alternateurs.

Le Comité technique de la Chambre syndicale des Constructeurs de gros matériel électrique s'est préoccupé d'établir, d'accord avec les représentants des constructeurs de turbines hydrauliques, les valeurs des vitesses angulaires qu'il convient d'adopter pour les groupes hydro-électriques à courant alternatif. Dans sa séance du 16 janvier dernier à laquelle assistaient MM. Teisset, vice-président du Syndicat des Constructeurs de turbines hydrauliques, Coutanceau, ingénieur de MM. Teisset, Brault et Cie, Gariel, ingénieur de MM. Neyret-Beylier et Cie, Fellmann, directeur des Etablissements Singrun, l'un de ces derniers, M. Gariel, a fait l'exposé suivant des conclusions auxquelles sont arrivés les constructeurs de turbines hydrauliques, en ce qui concerne l'unification des vitesses angulaires des turbines commandant des alternateurs.

« 1° Pour les basses chutes, aucune unification n'est possible, mais on s'en tiendra aux vitesses suivantes, sauf cas exceptionnels :

» Nombre de tours par minute : 1 500, 1 000, 750, 500, 375, 300, 250, 214, 187,5, 150, 125, 107, 94, 83, 75, 62,5, 47.

» Il est difficile de préciser jusqu'où vont les basses chutes, mais on peut dire, d'une manière générale, que la standardisation ne commencera qu'au-dessus d'une quarantaine de mètres.

» Ces vitesses ont été admises par le Comité technique.

» 2° Pour les chutes supérieures à une quarantaine de mètres, les vitesses pourront, pour les diverses puissances envisagées, être comprises dans le tableau suivant :

Puissance sur l'arbre de la turbine en chevaux :	Vitesse angulaire en tours par minute
150 200 250 300 375 500 600 800	750, 1 000 ou 1 500
1 000 1 250 1 500 2 000	500, 750 et 1 000
2 500 3 000 3 750	375, 500 et 750
5 000 6 000 7 500 9 000	300, 375 et 500
12 500 15 000 20 000	250, 300 et 375

» Il sera bien entendu que des exceptions pourront toujours être envisagées, soit à cause de dispositions locales, soit à cause de la zone de moindre rendement comprenant les Pelton très rapides et les Francis très lentes. Ces exceptions pourront être plus nécessaires pour les puissances au-dessous de 500 ch.

» Ainsi les 80 types suivants d'alternateurs sont définitivement adoptés pour accouplement aux turbines hydrauliques pour hautes chutes. Ces alternateurs seront exécutés pour cos $\varphi = 1,0,8$ ou 0,65 suivant l'utilisation de la force motrice.

PUISSANCE EN KV-A	VITESSE ANGULAIRE EN T : M						
	1 500	1 000	750	500	375	300	250
100	+	+	+				
125	+	+	+				
160	+	+	+				
200	+	+	+				
250	+	+	+				
300	+	+	+				
400	+	+	+				
500	+	+	+				
650	+	+	+	+			
800	+	+	+	+			
1 000		+	+	+			
1 250		+	+	+			
1 600		+	+	+	+		
2 000		+	+	+	+		
2 500			+	+	+		
3 000			+	+	+	+	
4 000			+	+	+	+	
5 000				+	+	+	
6 000				+	+	+	
7 500				+	+	+	+
10 000				+	+	+	+
12 500					+	+	+
16 000					+	+	+
20 000					+	+	+

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Congrès général du Génie civil (*Suite*)

TRAVAUX DE LA SECTION X *(suite)*

La législation relative aux brevets d'invention (1).

La jurisprudence en vigueur relative aux brevets d'invention est régie par la loi de 1844 amendée en 1856 et en 1902 et par la loi du 1er juillet 1906.

Cette jurisprudence est nettement défavorable aux inventeurs : la propriété de l'inventeur est précaire, car toute une série de causes de déchéance la menace incessamment ; elle est courte, car le brevet français a une durée de quinze ans seulemeut ; de plus, l'inventeur paie des taxes annuelles, que son brevet soit lucratif ou non. Le rapporteur montre que ces défaveurs subies par les inventeurs n'ont aucune raison d'être et sont à la fois antipatriotiques et antidémocratiques.

Le texte de la loi actuellement en vigueur sur les inventions est le suivant :

Article premier. — Toute découverte ou invention, dans tous les genres d'industrie, confère à son auteur, sous les conditions et pour le temps ci-après déterminés, le droit exclusif d'exploiter à son profit ladite découverte ou invention.

Ce droit est constaté par des titres délivrés par le gouvernement sous le nom de brevets d'invention.

Art. 2. — Seront considérées comme inventions ou découvertes nouvelles :

L'invention de nouveaux produits industriels ;

L'invention de nouveaux moyens ou l'application nouvelle de moyens connus pour l'obtention d'un résultat ou d'un produit industriel.

Art. 3. — Ne sont pas susceptibles d'être brevetés :

1° Les compositions pharmaceutiques ou remèdes de toute espèce, lesdits objets demeurant soumis aux lois et règlements spéciaux sur la matière et notamment au décret du 18 août 1810 relatifs aux remèdes secrets ;

2° . . . . . .

Le gouvernement se propose actuellement d'aggraver encore cette restriction en l'étendant aux produits chimiques, et en permettant seulement de breveter les procédés qui servent à fabriquer ces produits. Certaines personnes craignent en outre que des inventeurs, ayant fait une découverte intéressant la collectivité, n'exploitent pas leur invention, on pourrait remédier à cela en créant la licence obligatoire qui est déjà employée dans certains pays.

(1) Rapport de M. Bourdil.

Le rapporteur propose donc d'émettre un vœu en faveur des articles 1, 2 et 12, du projet de loi de M. de Monzie qui semblent donner une meilleure solution que la loi actuelle.

Article premier. — Toute découverte ou invention dans tous les genres d'industrie est la propriété de son auteur ; en conséquence, la loi lui en garantit la pleine et entière jouissance suivant le mode et pour le temps qui seront ci-après déterminés.

Cette propriété est constatée par des titres délivrés par le gouvernement sous le nom de brevets d'invention.

Art. 2. — Les brevets dont la demande aura été régulièrement formée seront délivrés...

Art. 12. — Le breveté qui n'aura pas mis en exploitation sa découverte en France ou dans les colonies françaises dans le délai de trois ans à dater du jour du dépôt de sa demande, ou qui cessera de l'exploiter pendant trois années consécutives pourra, à moins de justifier de son inaction dans l'un ou l'autre cas, être mis en demeure de concéder la licence d'exploitation de son invention.

Toute personne pourra introduire devant le tribunal civil du domicile du breveté une action en cession de licence d'exploitation.

Le président du tribunal statuant en référé pourra, sur la demande de l'une des parties, ordonner une expertise confiée à un ou trois experts.

Si les parties n'avaient pas recours à cette procédure, l'affaire devrait recevoir solution dans les six mois de l'assignation.

Le demandeur, qui serait subrogé dans tous les droits de l'inventeur, sera condamné à verser à ce dernier une indemnité de 10 pour 100 sur les bénéfices nets de l'exploitation.

Durée des brevets. — D'après la loi de 1844, la durée des brevets est fixée à cinq, dix ou quinze ans. Cette durée maximum de quinze ans est beaucoup trop courte. De nombreux inventeurs ont mis beaucoup plus de quinze ans pour mettre au point leurs inventions, il serait donc logique d'augmenter la durée des brevets et de la fixer par exemple à vingt-cinq ans comme le propose M. de Monzie. Il conviendrait alors de modifier les conventions internationales de façon à n'accorder les nouveaux avantages qu'aux inventeurs des pays qui nous accorderont loyalement les mêmes avantages.

Digitized by Google

Délivrance des brevets avec ou sans examen préalable. — Le texte de la loi de 1844 relative à la délivrance des brevets est le suivant :

Art. 5. — Quiconque voudra prendre un brevet d'invention devra déposer, sous cachet, au secrétariat de la préfecture du département où il est domicilié ou tout autre département en y élisant domicile :

1° Sa demande au ministère de l'Agriculture et du Commerce ;

2° Une description de la découverte, invention ou application faisant l'objet du brevet demandé ;

3° Les dessins ou échantillons qui seraient nécessaires pour l'intelligence de la description ;

4° Un bordereau des pièces déposées.

Art. 6. — La demande sera limitée à un seul objet principal avec les objets de détail qui le constituent et les applications qui auront été indiquées.

Elle mentionnera la durée que le demandeur entend assigner à son brevet dans la limite fixée à l'article 4 et ne contiendra ni restrictions, ni conditions, ni réserve.

Elle indiquera un titre renfermant la désignation sommaire et précise de l'objet de l'invention.

La description ne pourra être écrite en langue étrangère ; elle devra être sans altérations ni surcharges. Les mots rayés comme nuls seront comptés et constatés, les pages et les renvois parafés. Elle ne devra contenir aucune dénomination de poids ou de mesure autre que celles qui sont portées au tableau annexé à la loi du 4 juillet 1837.

Les dessins seront tracés à l'encre et d'après une échelle métrique.

Un duplicata de la description et des dessins sera joint à la demande.

Toutes les pièces seront signées par le demandeur ou par un mandataire dont le pouvoir sera annexé à la demande.

Le brevet ainsi réglementé par la loi de 1844 est appelé brevet sans garantie du gouvernement (S. G. D. G.). La délivrance, en pareil cas, ne constitue en rien, de la part du gouvernement, une garantie de la nouveauté de l'invention, et le bureau des brevets n'a pas à procéder à un examen préalable avant de délivrer le brevet. En Allemagne, on procède à l'examen des brevets, mais cet examen ne donne aucune garantie efficace à l'inventeur. On peut dire en passant que le Patent-Amt était devenu une cave d'alchimiste où on opérait la transmutation des inventions françaises, anglaises, américaines, etc., les plus authentiques en brevets allemands dûment patentés au profit des industriels tudesques, bien en cour.

Aux Etats-Unis et en Angleterre, on procède également à l'examen préalable des brevets, mais ces systèmes entraînent, soit une jurisprudence d'une complication excessive, ou sont inopérants.

Cependant on pourrait, conformément au projet du gouvernement, établir un examen préalable qui serait fait par l'Office national de la propriété industrielle, et qui renseignerait l'inventeur sur la nouveauté et la brevetabilité de sa découverte.

On pourrait également adopter le dispositif de la législation anglaise connu sous le nom de patente provisoire qui donne à l'inventeur des garanties de priorité tout en lui permettant de travailler son invention et d'y introduire certains perfectionnements avant de déposer une demande définitive de brevet.

Comme conclusion à cette partie de son rapport, M. Bourdil propose au Congrès d'adopter les articles suivants :

Art. 5. — Quiconque voudra prendre un brevet d'invention devra déposer, sous cachet, au secrétariat de la préfecture dans le département où il est domicilié, ou dans tout autre département en y élisant domicile :

1° Une demande adressée au ministre du Commerce et de l'Industrie ;

2° Une description de la découverte, invention ou application faisant l'objet du brevet demandé avec les dessins qui seraient nécessaires pour l'intelligence de la description ; le tout en double exemplaire ;

3° Un bordereau des pièces déposées.

Il devra y joindre, à peine de refus du dépôt, la pièce justificative du versement de la première annuité.

Les échantillons ou modèles qui seraient indispensables pour l'intelligence de la description seront déposés, en boîte scellée, en même temps que le pli cacheté contenant la demande et les pièces annexées.

Un décret rendu sur le rapport du ministre du Commerce et du ministre des Finances déterminera la longueur des descriptions et le nombre des dessins qui pourront être joints à la demande. Lorsque la longueur de la description et le nombre des dessins produits dépasseront les limites fixées, il sera perçu, tant au profit de l'Etat que pour le service de l'Office national de la propriété industrielle, une taxe supplémentaire proportionnelle qui sera déterminée par le décret susvisé.

Toutes les pièces devront être visées par le demandeur ou par son mandataire, dont le pouvoir, dispensé de toute formalité de législation, de timbre et d'enregistrement et comportant l'adresse du demandeur, sera annexé à la demande.

Dans le département de la Seine, le dépôt des demandes de brevets aura lieu à l'Office national.

Les demandeurs résidant à l'étranger devront désigner, pour les représenter, un mandataire domicilié en France auquel seront adressées les communications émanant de l'Office national.

Les personnes faisant profession habituelle de représenter les inventeurs auprès de l'Office national de la propriété industrielle devront, s'ils sont Français, jouir de leurs droits civils et politiques, et, s'ils sont étrangers, n'avoir encouru, soit en France, soit à l'étranger, aucune condamnation de nature à entraîner, s'ils étaient Français, la perte de leurs droits civils et politiques.

Ils devront, en outre, justifier de la possession d'un domicile personnel en France.

Art. 6. — La demande ne pourra contenir ni restrictions, ni conditions, ni réserves.

Digitized by Google

Elle indiquera un titre renfermant la désignation sommaire et précise de l'objet de l'invention.

La description devra être limitée à un seul objet principal, avec les objets de détail qui les constituent et les applications qui seront indiquées.

Elle ne pourra être écrite en langue étrangère.

Elle ne devra contenir aucune dénomination de poids ou de mesures autres que celles qui sont portées au tableau annexé au décret du 28 juillet 1903, rendu en exécution de la loi du 11 juillet de la même année.

La demande devra indiquer la date du premier dépôt de demande de brevet fait à l'étranger pour la même invention, et le pays dans lequel il a eu lieu, lorsque le déposant entendra se prévaloir du droit de priorité qui peut en résulter.

Elle devra indiquer, de même, si l'invention a fait l'objet d'un certificat de garantie délivré en conformité de la loi du 15 avril 1908 relative à la protection temporaire dans les expositions, lorsque le déposant entendra s'en prévaloir.

Lorsque ces indications ne figureront pas dans la demande, elles devront être fournies à l'Office nationale dans les soixante jours qui suivront le dépôt de ladite demande, sous peine, pour le demandeur, de perdre son droit de priorité ou le bénéfice de la protection temporaire dont il jouissait.

Art. 7. — Un procès-verbal dressé sans frais par le secrétaire général de la préfecture dans les départements, et, à Paris, par le directeur de l'Office national de la propriété industrielle, constatera chaque dépôt, en énonçant le jour et l'heure de la remise des pièces.

Une expédition dudit procès-verbal sera remise au déposant, moyennant le remboursement des frais de timbre.

Art. 9. — Aussitôt après l'enregistrement des demandes, et dans les cinq jours de la date du dépôt, les préfets transmettront à l'Office national, sous le cachet de l'inventeur, les pièces déposées en y joignant une copie certifiée du procès-verbal de dépôt, le récépissé constatant le versement de la taxe, et, s'il y a lieu, le pouvoir mentionné dans l'article 5.

Art. 10. — A l'arrivée des pièces à l'Office national, il sera procédé à l'ouverture et à l'enregistrement des demandes de brevets dans l'ordre de leur réception.

Art. 11. — Les brevets dont la demande aura été régulièrement formée seront délivrés, sans examen préalable, aux risques et périls des demandeurs, et sans garantie, soit de la réalité, de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit de la fidélité ou de l'exactitude de la description.

Un arrêté du ministre constatant la régularité de la demande et auquel sera joint l'original de la description et des dessins mentionnés dans l'article 5 constituera le brevet d'invention.

Une ampliation de cet arrêté sera remise au demandeur moyennant l'acquittement d'une taxe de délivrance de 10 fr pour le service de l'Office national de la propriété industrielle, avec un exemplaire imprimé de la description et des dessins.

Toute expédition ultérieure, demandée par le breveté ou ses ayants cause, donnera lieu au paiement au Trésor d'une taxe de 25 fr.

Celui qui, ayant déposé une demande de brevet, voudra obtenir, avant la publication, une copie officielle des pièces annexées à sa demande, devra acquitter la même taxe.

Les frais de dessins, s'il y a lieu, seront dans tous les cas à la charge du demandeur.

Il pourra être requis dans la demande qu'il soit sursis à la délivrance du brevet; en ce cas, la délivrance ne pourra avoir lieu qu'un an après la date du dépôt de la demande.

Le bénéfice de la disposition qui précède ne pourra être réclamé lorsque la même invention aura fait antérieurement l'objet, soit d'une demande de brevets à l'étranger, si l'inventeur entend se prévaloir du délai de priorité qui peut en résulter, soit d'un certificat de garantie délivré dans les termes de la loi précitée du 13 avril 1908.

L'Office national de la propriété industrielle publiera un catalogue de tous les brevets délivrés.

Art. 12. — La demande sera rejetée :

1° Si le pli ne contient pas une description de la découverte, invention ou application faisant l'objet du brevet;

2° Lorsque la description sera écrite en langue étrangère;

3° Lorsque la pièce justificative du versement de la première annuité n'aura pas été jointe au pli déposé. En cas d'inobservation des autres prescriptions des articles 5 et 6, la demande sera renvoyée à l'inventeur avec invitation d'avoir à fournir de nouvelles pièces régulières dans le délai d'un mois, délai qui pourra être augmenté en cas de nécessité justifiée sur la demande du déposant ou de son mandataire. La demande ainsi régularisée dans ledit délai conservera la date du dépôt primitif.

S'il est reconnu, après avis favorable du Comité consultatif des Arts et Manufactures, qu'une description n'est pas limitée à une seule invention, le déposant sera autorisé à restreindre sa demande à un seul objet principal ou à présenter autant de descriptions que celle-ci comportera d'inventions différentes.

Les nouvelles pièces produites seront considérées comme portant la même date que la demande primitive; elles seront accompagnées, le cas échéant, des récépissés constatant le versement des taxes représentant les premières annuités afférentes à chacune des inventions.

Dans le cas où le déposant ne fournirait pas de pièces régulières, dans le délai imparti, la demande de brevet devra être rejetée.

Aucune demande de brevet ne pourra être rejetée comme irrégulière pour inobservation des prescriptions des articles 5 et 6 ci-dessus qu'après que le demandeur ou son mandataire aura été préalablement invité à fournir des explications écrites et après avis de la Commission technique de l'Office national de la propriété indus-

Digitized by Google

trielle. Avant la délivrance, la demande d'un brevet pourra être retirée par son auteur, et les pièces déposées lui seront restituées.

La demande ne pourra plus être retirée lorsque le déposant aura réclamé, avant la délivrance de son brevet, une copie officielle des pièces déposées à l'appui de sa demande.

Art. 13. — En cas de retrait ou de rejet d'une demande de brevet, la taxe versée restera acquise au Trésor, mais il en sera tenu compte au demandeur s'il reproduit sa demande dans un délai de trois mois à compter de la notification du rejet de la requête ou de la date du retrait de la demande, pourvu que ce retrait ait été effectué dans les deux mois qui ont suivi le dépôt primitif.

Exceptionnellement pourra être remboursée l'annuité versée préalablement au dépôt de la demande, si la demande n'a pas été ultérieurement déposée.

Art. 14. — Toute personne qui déposera ou aura déposé une demande de brevet d'invention pourra requérir, soit au moment du dépôt, soit postérieurement moyennant l'acquittement préalable d'une taxe spéciale de 200 fr pour le service de l'Office national de la propriété industrielle, qu'il soit procédé à un examen sans garantie portant sur la nouveauté et la brevetabilité de l'invention.

Cet examen aura un caractère purement consultatif.

Cet examen sera exercé par le service technique de l'Office national de la propriété industrielle dont l'organisation et les attributions seront déterminées par décret.

Art. 15. — (Article 11 du projet de M. de Monzie). — Tout inventeur qui voudra s'assurer de la priorité de son idée, peut, en payant la taxe requise par la loi, déposer à l'Office national de la propriété industrielle un caveat, c'est-à-dire une description provisoire de l'invention énonçant ses caractères distinctifs.

Le caveat sera déposé dans les archives de l'Office et tenu secret. La protection sera accordée à ce brevet pendant une année à partir du dépôt. Si, dans ce laps de temps, une demande de brevet était sollicitée et si un conflit pouvait s'instituer avec le dépositaire du caveat, le directeur de l'Office devra déposer la description, la spécification, les dessins et les modèles relatifs à cette demande dans les archives de l'Office.

Il devra prévenir par lettre recommandée le dépositaire du caveat.

Si dûment averti, ce dernier désirait se prévaloir de son caveat, il déposera la description, la spécification, les dessins et les modèles dans les trois mois à dater du dépôt de l'avertissement à la poste de Paris. L'inventeur sera déchu de toute protection si, dans l'année qui a suivi le dépôt du caveat il n'a pas demandé la délivrance du brevet définitif.

Taxes afférentes aux brevets.. — La législation en vigueur est la suivante :

Art. 4. — . . . . . .

§ 2. — Chaque brevet donnera lieu au paiement d'une taxe qui est fixée ainsi qu'il suit :

500 fr pour un brevet de 5 ans ;
1000 fr pour un brevet de 10 ans ;
1500 fr pour un brevet de 15 ans.

Cette taxe sera payée par annuités de 100 fr, sous peine de déchéance, si le breveté laisse écouler un terme sans l'acquitter.

Art. 32. — Sera déchu de tous ses droits :

1° Le breveté qui n'aura pas acquitté son annuité avant le commencement de chacune des années de la durée de son brevet.

L'intéressé aura toutefois un délai de trois mois au plus pour effectuer valablement le paiement de son annuité ; mais il devra verser en outre une taxe supplémentaire de cinq francs, s'il effectue le paiement dans le premier mois, de dix francs s'il effectue le paiement dans le second mois, et de quinze francs s'il effectue le paiement dans le troisième mois.

Cette taxe suppplémentaire devra être acquittée en même temps que l'annuité en retard.

2° . . . . . .

Ces dispositions sont draconiennes pour les inventeurs, le rapporteur estime qu'on devrait leur substituer les articles suivants du projet de M. de Monzie :

Art. 9. — . . . . . .

§ 2. — Chaque prise de brevet donnera lieu au payement d'une taxe unique de 150 fr.

Aucun dépôt ne sera reçu que sur la production d'un récépissé constatant le versement de cette somme.

Art. 10. — Toute personne ayant inventé un dispositif d'un usage pratique dont la nouvelle configuration, la nouvelle disposition ou le nouveau mécanisme justifient cette destination, peut obtenir un brevet spécial dit « petit brevet » et ce moyennant le paiement d'une taxe de 20 fr. La durée de protection est de trois ans, renouvelable pour une période de même durée contre le paiement d'une nouvelle taxe de 20 fr.

Cas de déchéance des brevets. Leur suppression. — Nous avons donné ci-dessus une des causes de déchéance des brevets d'après la législation actuelle, voici les autres :

Art. 32. — Sera déchu de tous ses droits :

1° . . . . . .

2° Le breveté qui n'aura pas mis en exploitation sa découverte ou invention en France dans un délai de deux ans, à dater du jour de la signature du brevet, ou qui aura cessé de l'exploiter pendant deux années consécutives, à moins que, dans l'un ou l'autre cas, il ne justifie des causes de son inaction ;

3° Le breveté qui aura introduit en France des objets fabriqués en pays étrangers et semblables à ceux qui sont garantis par son brevet.

. . . . . .

Art. 5 (de la convention d'Union). — L'introduction par le breveté, dans le pays où le brevet a été délivré, d'objets fabriqués dans l'un ou l'autre des Etats de l'Union, n'entraînera pas la déchéance. . . . . .

Art. 40. — Toute atteinte portée aux droits du breveté, soit par la fabrication du produit, soit par l'emploi

Digitized by Google

de moyens faisant l'objet de son brevet, constitue le délit de contrefaçon. Ce délit sera puni d'une amende de 100 à 2 000 fr.

Art. 41. — Ceux qui auront sciemment recélé, vendu, exposé ou mis en vente ou introduit sur le territoire français un ou plusieurs objets contrefaits seront punis des mêmes peines que les contrefacteurs.

Art. 42. — Les peines établies par la présente loi ne pourraient être accumulées.

Relativement à la non-exploitation, le rapporteur propose d'adopter le texte de M. de Monzie relatif à la licence obligatoire, il propose également d'abroger l'article 32 de la loi du 5 juillet 1844 qui interdit l'importation.

La loi de 1844 est trop sévère pour l'inventeur qui a été contrefacteur sans le savoir, M. Bourdil demande en conséquence au Congrès d'émettre un vœu en faveur de l'article 40 du projet de loi du gouvernement qui est ainsi conçu :

Art. 40. — Toute atteinte portée sciemment aux droits du brevet, soit par la fabrication des produits, soit par l'emploi de moyens faisant l'objet de son brevet, constitue le délit de contrefaçon. Ce délit sera puni d'une amende de 100 à 2 000 francs.

Enfin le rapporteur émet un vœu favorable en faveur de l'article 18 du projet du gouvernement qui est ainsi conçu :

Art. 18. — Dans le cas où un brevet sera nul pour un défaut de nouveauté, les certificats d'addition ne seront pas atteints par cette nullité lorsque les changements, perfectionnements ou additions constitueront des inventions qui, considérées en elles-mêmes, auraient pu être valablement brevetées.

Considérations relatives à la législation motivée par la guerre. — LÉGISLATION VOTÉE. — M. Bourdil rappelle le texte *de la loi du 27 mai 1915 établissant des règles temporaires en matière de propriété industrielle, notamment en ce qui concerne les brevets d'invention appartenant aux ressortissants des empires d'Allemagne et d'Autriche-Hongrie*, cette loi interdit aux Allemands, aux Autrichiens et à leurs représentants d'exploiter les brevets en France. Elle permet, par contre, aux concessionnaires français de brevets germaniques d'exploiter ces brevets tout en leur interdisant de payer aux ennemis aucune redevance pendant la durée de la guerre. Elle permet, en outre, à l'État de saisir les inventions précitées, de les exploiter ou de les faire exploiter dans des conditions déterminées. L'article 6 permet aux Français de prendre et de conserver des brevets en pays allemand et réciproquement aux ennemis de prendre et de conserver leurs brevets en France. Étant donnés la foi germanique et les procédés habituels du Patent Amt, on peut se demander si cette dernière mesure est opportune et efficace. Vainqueurs, les Allemands auraient-ils respecté ce chiffon de papier ; vaincus, leur diplomatie chicanière n'en tirera-t-elle pas parti ?

L'article 7 suspend la durée de priorité fixée par la Convention internationale à charge de réciprocité de la part des pays contractants. Le texte ne précise pas si les Allemands, qui furent les adhérents in extremis à la convention, profiteront de cet article. Les mêmes remarques s'imposent que pour l'article précédent.

L'article 8 prévoit les avantages pour certains ressortissants des empires allemands, en cas de services rendus à la France ou d'attaches françaises. Cet article vise les peuples prisonniers de la geôle prussienne, comme les Alsaciens-Lorrains, par exemple.

Le rapporteur examine ensuite *la loi du 12 avril 1916 relative aux inventions intéressant la défense nationale.* L'article premier de la loi permet, moyennant une juste indemnité, la dépossession absolue et définitive de l'inventeur. M. Bourdil pense que cette mesure n'est pas faite pour favoriser les inventions.

L'article 2 donne aux ministres de la Guerre, du Commerce et de l'Industrie la possibilité d'interdire toute divulgation au sujet d'une invention et l'article 4 punit l'inventeur, en cas de divulgation, conformément aux peines portées à l'article 2 de la loi du 18 avril 1886 sur l'espionnage.

L'article 3 interdit à tout Français ou étranger admis à domicile de déposer à l'étranger une demande de brevet pour une invention pouvant intéresser la défense nationale. Le ministre du Commerce peut cependant, après avis d'une commission spéciale, autoriser le dépôt à l'étranger de la demande de brevet et son exploitation. Le rapporteur propose que ceci soit légèrement modifié en faveur des pays alliés qui combattent pour la défense de notre sol.

Le rapporteur examine ensuite les différents projets de loi qui ont été déposés sur le bureau de la Chambre. Le projet de loi du 22 juillet 1915 déposé par M. Barthe, député, et relatif aux produits pharmaceutiques.

Le projet de loi du 1er février 1916 en faveur duquel le rapporteur émet un vœu favorable et qui est ainsi conçu :

Article unique. — La durée des brevets d'invention qui sont parvenus à leur terme légal depuis le 1er août 1914 inclusivement ou qui y parviendront avant une date qui sera fixée par décret après la cessation des hostilités, est prorogée jusqu'à une date que fixera le même décret. Toutefois, ceux qui, de bonne foi, avant la promulgation de la présente loi, ont mis en exploitation une invention se rapportant à un des brevets ci-dessus visés, ne pourront pas être poursuivis comme contrefacteurs ni être tenus de cesser cette exploitation.

M. Bourdil émet également un vœu favorable au projet de loi du 24 mars 1916 déposé par M. Butin député, l'article premier stipule en faveur des inventeurs une prorogation allant du 1er août 1914 au 1er août qui suivra la cessation des hostilités, ce qui revient à la neutralisation des brevets pendant la guerre. L'article 5 stipule que les seuls étrangers admis à bénéficier des dispositions de la loi seront ceux dont le pays accorde ou accordera aux Français et protégés français les avantages analogues en ce qui concerne les différentes

Digitized by Google

branches de la propriété industrielle, et l'article 4 que la prorogation des délais de priorité de l'article 4 de la Convention internationale de 1883 prévus à l'article 7 de la loi du 27 mai 1915 ne sera applicable qu'aux nationaux au profit desquels interviendra le décret dans les conditions prévues à l'article 5.

Le rapporteur propose enfin au Congrès d'émettre un vœu favorable à la proposition de M. Astier qui a pour but de prolonger la validité des brevets d'invention dont l'exploitation a été interdite en vertu de la loi du 12 avril 1916.

Brevet international. — M. Bourdil termine en examinant le projet de résolution de M. de Monzie, député, qui est ainsi conçu :

Le gouvernement a intérêt à provoquer, dans le plus bref délai, une conférence à laquelle seront convoqués les États alliés et amis de la France pour procéder entre eux à l'établissement d'un brevet international.

Le moment actuel semble particulièrement favorable pour réaliser le brevet international qui éviterait les taxes écrasantes qu'ont à payer les inventeurs qui veulent être brevetés dans tous les pays et qui permettrait aux alliés et aux neutres de fonder une nouvelle convention internationale excluant l'Allemagne dont la mauvaise foi est telle qu'on ne peut passer aucun accord avec elle.

Le brevet international a été particulièrement bien étudié dans l'étude de M. Barbet parue en avril 1916, Les principes de ce brevet seraient: durée vingt-quatre ans; suppression de déchéance; examen du brevet par une Commission internationale, à titre purement consultatif et sans droit de veto; et enfin, l'établissement d'une juridiction internationale. Les taxes prévues seraient : 1° une taxe de 200 fr, perçue par l'Office internationale pour le remboursement de ses frais; 2° une taxe annuelle dont la première annuité serait de 25 fr, et qui croîtrait, d'année en année, de 25 fr suivant une progression arithmétique.

Le rapporteur émet un vœu en faveur du projet de résolution de M. de Monzie et souhaite que la conférence entre alliés et amis de la France s'inspire des conclusions formulées par M. Barbet dans son étude: *Institution d'un brevet international.*

Décisions de la sous-section. — Nous venons de donner ci-dessus une analyse des travaux de M. Bourdil relativement aux réformes à faire subir à notre législation concernant les brevets d'invention. Après discussion la sous-section a pris les décisions suivantes:

Définition du droit de l'inventeur. — S'inspirant de l'esprit libéral de la loi de 1791, la sous-section considère que l'invention est le fruit direct immédiat du travail de l'inventeur, que, par conséquent, elle crée au profit de l'inventeur, sur son œuvre, un titre de propriété positif antérieur à toute convention, plus sacré que tout autre titre de propriété, et elle émet à l'unanimité le vœu que le droit de l'inventeur sur son invention soit défini comme un droit de propriété et explicitement inscrit comme tel dans la législation (ce vœu est conforme au projet de loi de M. de Monzie).

Inventions brevetables. — La sous-section émet le vœu que l'interdiction qui frappe de non-brevetabilité les produits pharmaceutiques soit levée sous réserve de l'inscription des formules au Codex et de l'adoption du régime de licence obligatoire en cas de non-exploitation du brevet.

Vis-à-vis de la brevetabilité des produits chimiques, la sous-section émet le vœu que l'inventeur conserve le droit de breveter, d'une part, la substance même du produit nouveau, et, d'autre part, les procédés de fabrication de ce produit à la condition que la licence obligatoire protégera le domaine public et tout inventeur d'un procédé nouveau de fabrication d'un produit déjà breveté.

Mode de délivrance des brevets. — La sous-section émet un vœu en faveur du maintien des dispositions de la loi de 1844 et de l'établissement d'une fiche documentaire, sans garantie du gouvernement, destinée à éclairer les inventeurs, les industriels et le public lui-même sur les antériorités éventuellement opposables à un brevet déterminé. L'établissement de la fiche ne sera pas limité aux brevets français.

Durée des brevets. — La sous-section émet le vœu que la durée des brevets soit portée à vingt-cinq années.

Taxes afférentes aux brevets. — La sous-section émet un vœu en faveur des dispositions suivantes :

1° Une taxe unique de 50 fr valable pour une période de cinq années;

2° Une taxe annuelle de 50 fr pendant une deuxième période allant de la sixième à la dixième année;

3° Une taxe annuelle de 100 fr pour la troisième période allant de la onzième à la quinzième année;

4° Une taxe annuelle de 200 fr pour la quatrième période allant de la seizième à la vingtième année ;

5° Une taxe annuelle de 400 fr pour la cinquième période allant de la vingtième à la vingt-cinquième année.

Déchéances. — La sous-section émet un vœu en faveur du maintien de la législation actuelle avec, en cas de non-paiement, le délai de grâce porté de trois mois à un an.

Déchéance pour introduction en France d'objets brevetés. — La sous-section émet le vœu que cette déchéance ne soit maintenue que pour les pays non signataires de la Convention de 1883.

Déchéance pour cause de non-exploitation. — La sous-section émet le vœu que cette déchéance disparaisse et que la sanction applicable en cas de non-exploitation soit la licence obligatoire.

Caveat. — La sous-section repousse le vœu en faveur du caveat.

Petit brevet. — La sous-section estime que le petit brevet devient inutile si les taxes en faveur desquelles elle a émis un vœu sont adoptées.

Licences obligatoires. — La sous-section émet un vœu en faveur du projet de M. de Monzie sous les réserves suivantes : qu'un délai de trois ans soit accordé à l'in-

Digitized by Google

venteur avant d'autoriser les tiers à requérir des licences obligatoires ; que l'inventeur puisse justifier de son inaction, même après un délai de trois ans ; que l'inventeur, après un délai, pourra être mis en demeure d'accorder des licences ; et que les tribunaux civils auront qualité pour statuer sur les délais et sur l'octroi des licences et leurs modalités après un rapport d'experts nommés par le président du tribunal statuant en référé.

Certificat d'addition. — La sous-section émet un vœu favorable à l'indépendance des certificats d'addition vis-à-vis du brevet d'invention aux droits et prérogatives duquel ils seront substitués en cas d'antériorité utilement opposée au brevet principal, mais sans que cette substitution puisse en aucun cas produire une prolongation de durée en faveur des additions substituées au brevet.

Contrefaçon — La sous-section est favorable au projet du gouvernement qui dit que, pour être justiciable du Code pénal, la contrefaçon devra être accomplie sciemment, mais elle estime que la bonne foi ne doit pas être considérée comme suffisamment établie par l'ignorance d'un brevet antérieur régulièrement publié.

Projet de M. Butin, député. — La sous-section émet un vœu favorable à la prolongation des brevets jusqu'au 1er août qui suivra la signature de la paix, sous réserve des droits des tiers qui auront commencé à exploiter après l'expiration des brevets et avant la promulgation de la loi.

Le brevet international. — Après une discussion mouvementée où beaucoup d'opinions ont été examinées, la sous-section a émis le vœu que, dans tous les pays alliés ou neutres, la législation relative aux brevets soit unifiée et qu'on établisse, pour l'ensemble des pays adhérents, un bureau d'examen commun chargé de donner un avis préalable.

(A suivre.)

Assemblées générales

Compagnie des Tramways de Tunis.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 21 MARS 1918.

Les recettes d'exploitation ont augmenté durant cette année du fait que beaucoup de personnes n'ont pu quitter Tunis et ont passé l'été dans cette ville ou ses environs. De même les recettes provenant des ventes d'énergie ont progressé, le manque de pétrole a engagé beaucoup de petits industriels et de particuliers à recourir à l'énergie électrique.

Le prix du combustible et la difficulté de main-d'œuvre ont malheureusement contrebalancé ce résultat.

Le Conseil rend compte de l'exploitation des charbons de lignite des mines du Cap Bon ; 21 000 t ont été employées à l'usine de la Goulette ; cette mine va être desservie par une ligne de chemin de fer de Kélibia jusqu'à l'Enchir Lebna près du terminus de la voie Decauville établie déjà par la Compagnie pour relier la mine à la route de Nabeul ; le transport sur route sera supprimé et la production de la mine pourra être développée. L'usine de la Goulette n'emploiera alors que du lignite dont le prix de revient sera bien inférieur au charbon de Cardiff ou à la briquette.

La ligne de tramways de Djebel-Djeloud ainsi que le réseau de distribution de l'Ariana sont maintenant en exploitation.

Sur la ligne Tunis-Radès-Hammam-Lif, aucun travail n'a été fait par le gouvernement tunisien, la Compagnie a achevé le montage de la sous-station de Radès et équipé la moitié des automotrices.

La Compagnie a été autorisée à relever les prix des transports des voyageurs sur le chemin de fer T. G. M. à partir du prix de 0,50 fr par billet, le minimum de la majoration étant fixé à 0,05 fr.

Les recettes d'exploitation s'élèvent à 3 836 781,72 fr sur lesquels il faut déduire la quote-part du gouvernement tunisien, 313 225,40 fr. Les dépenses ont été de 2 738 934,33 fr.

Le produit net a donc été de 784 621,99 fr sur lesquels ont été prélevés 95 125,78 fr montant de l'annuité versée à la ville de Tunis pour rachat du réseau belge et 2 898,58 fr de frais judiciaires.

Le montant net des bénéfices ressort à 686 597,63 fr.

Après prélèvement des charges, impôts, dividendes, le solde à reporter à nouveau est de 56 467,15 fr.

Un dividende de 4 pour 100 est attribué, dont un acompte de 3 fr a été payé en décembre 1917 ; le solde de 1 fr sera distribué à partir du 1er mai 1918 sur présentation du coupon n° 26.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Concession de l'ancien réseau belge rétrocédé par la ville de Tunis, moyennant le paiement d'une annuité de 95 125,75 fr jusqu'au 31 décembre 1956 (pour mémoire).	
Terrains, bâtiments, outillage et lignes aériennes.	2 654 215,35
Matériel roulant	1 238 376,89
Voies ferrées, pavage, travaux de protection des lignes télégraphiques et téléphoniques, et divers	1 993 661,60
Lignes Tunis-Goulette-Marsa et Tunis-Radès-Hamam-Lif et réseaux de distribution d'énergie	6 184 548,15
Mine	160 000 »
Travaux en cours et divers	162 626 »
Frais judiciaires afférents à la reprise de concession de l'ancien réseau	55 422,18
En caisse chez les banquiers	666 629,82
Débiteurs divers et comptes d'ordre	507 367,13
Approvisionnements divers	610 150,77
Impôt de finances	98 837,81
Acompte sur le dividende de 1917	360 000 »
	14 691 835,72

Passif.

	fr
Capital :	
120 000 actions de 100 fr	12 000 000 »
Montant capitalisé de l'annuité à servir jusqu'au 31 décembre 1956 pour le rachat de la concession de l'ancien réseau belge (pour mémoire)	»
Cautionnements déposés à la Compagnie	37 292,65
Créditeurs divers et comptes d'ordre	1 175 154,02
A reporter	13 212 446,67

Digitized by Google

Report.....	13 212 446,67
Coupons restant à payer.....	279 217,50
Réserve légale.....	350 901 »
Provision pour affaires contentieuses et renouvellement du matériel et des voies.....	105 158,08
Amortissement compris dans les annuités passées pour remboursement des frais judiciaires.....	1 811,02
Bénéfices reportés des exercices antérieurs.....	55 703,82
Profits et pertes de l'exercice 1917.....	686 597,63
	14 691 835,72

Electricité et Gaz du Nord.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 26 MARS 1918.

La situation est restée la même ; les installations se trouvant en pays envahi, les renseignements recueillis sont peu précis; plusieurs des usines auraient été dégarnies d'une partie de leur matériel tandis que d'autres fonctionneraient.

La Compagnie fait des démarches auprès des pouvoirs publics pour préparer la mise en activité des exploitations dès que les circonstances le permettront.

En principe, l'Etat paraît disposé à accorder des facilités financières permettant la commande d'une partie des machines, celles-ci seraient même commandées par l'Etat qui imputerait le prix sur les sommes à valoir sur les indemnités de dommages de guerre.

Cette manière d'opérer représenterait un remploi partiel en nature et par anticipation desdites indemnités, elle n'éviterait pas les retards, les difficultés d'importation des matières premières et les délais demandés par les constructeurs, mais elle aurait l'avantage de ne pas obliger les sociétés à attendre, pour reconstituer leur matériel, l'évacuation du territoire envahi et l'estimation des dommages subis.

BILAN AU 30 SEPTEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Frais de constitution et d'augmentation du capital.....	308 978,26
Portefeuille-titres.....	14 790 274,25
Centrale de Jeumont et réseau de Sars-Poteries.	8 654 055,48
Centrale de Maubeuge.....	1 133 786,68
Centrale de Lomme.....	6 160 333,95
Usines à gaz de Maubeuge, Bavay, Jeumont, Le Quesnoy et Anor.....	4 626 081,88
Concessions à l'étude et sondages.....	321 170,13
Caisses, banques, débiteurs divers.....	6 030 575,61
Terrains à Paris.....	1 557 317,20
Magasins, charbon, approvisionnements divers et sous-produits des usines.....	669 885,16
Compte d'ordre.....	2 067 687,50
Dépenses à ventiler entre les comptes de premiers établissements et les comptes d'exploitations.....	618 523,51
Frais généraux d'administration et impôts divers :	
Exercice 1913-1914.....	153 250,26
Exercice 1914-1915.....	120 807,89
Exercice 1915-1916.....	85 220,80
Exercice 1916-1917.....	65 681,91
	47 363 630,47

Passif.

	fr
Capital.....	35 000 000 »
Réserve légale.....	182 424,93
Chiffre du dernier bilan augmenté de l'affectation résultant de la dernière répartition : fonds d'amortissement.....	1 250 000 »
A reporter.....	36 432 424,93

Report....	36 432 424,93
Prime de souscription afférente à l'augmentation du capital constituant en réalité une réserve extraordinaire.....	4 200 000 »
Créditeurs divers.....	2 194 916,43
Coupons restant à payer.....	38 538,53
Bénéfices connus des usines au 30 juin 1914.....	1 176 586,61
Produits du portefeuille et intérêts divers :	
Exercice 1913-1914.....	765 238,44
Exercice 1914-1915.....	200 581,25
Exercice 1915-1916.....	112 836,85
Exercice 1916-1917.....	172 530,10
Compte d'ordre.....	2 067 687,50
Solde reporté au 30 septembre 1913.....	2 289,83
	47 363 630,47

Compagnie centrale d'éclairage et de transport de force par l'électricité (Compagnie d'électricité de Limoges).

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 25 AVRIL 1918.

Le nombre des abonnés a augmenté de 208, ce qui porte le chiffre à 4365. La puissance totale fournie par le réseau est de 7 708 kw.

Les travaux de canalisation ont été réduits à la pose de 130 m de câbles armés à trois conducteurs et de 160 m de câbles à haute tension. Il n'a pas été construit de nouveaux transformateurs, mais la puissance de ceux qui existaient a été portée à 7227 kw-A.

Les recettes totales d'éclairage et de distribution se sont élevées à 1 385 008 fr, en augmentation de 86 015 fr sur 1916. Par contre, les dépenses d'augmentation, par suite de la hausse des matières premières, de la main-d'œuvre et de l'augmentation de l'indemnité de vie chère, ont été de 706 265 fr contre 598 735 fr l'année dernière.

Le bénéfice net de 504 775 fr est sensiblement égal au dernier.

Le dividende a été fixé à 6 fr par action.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Apports suivant statuts et premier établissement.	6 822 596 85
Compteurs.....	1 »
Titres en portefeuille.....	392 274,45
Marchandises en magasin.....	103 527 35
Débiteurs divers :	
Abonnés.....	357 841,15
Cautionnements et avances diverses.....	6 574,60
Caisses et banques.....	680 200,26
Impôts sur titres à recouvrer.....	20 767,17
Primes de remboursement sur obligations.....	1 932 275,50
	10 316 058,33

Passif.

	fr
Capital.....	2 850 000 »
Obligations en circulation :	
4 pour 100.....	1 386 500 »
3 pour 100.....	4 584 500 »
Réserve légale.....	285 000 »
Fonds d'amortissement des actions.....	188 344,40
Créditeurs divers.....	140 468,15
Avances sur canalisations.....	1 786,45
Obligations amorties et coupons échus non encore présentés.....	123 240,83
Provision pour entretien d'accumulateurs.....	100 000 »
Comptes d'ordre.....	89 443,35
Profits et pertes. Exercice 1917.....	504 775,15
	10 316 058,33

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF : Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. TOME III. — N° 23. 8 JUIN 1918.

Chronique — Nécrologie : Augustin Guyau, par Paul JANET. — Bibliographie : Ocean Magnetic observations 1905-1916 and Reports on special Researches (Observations magnétiques sur l'Océan de 1905 à 1916 et rapports sur quelques recherches spéciales), par L.-B. BAUER. — Société de Chimie industrielle, p. 817-820.

Section scientifique et technique. — Abaque pour faciliter le calcul des réseaux à courants alternatifs au moyen de la méthode de M. Boucherot, par A. CASTEX, p. 821. — Essais sur l'aluminium, effectués sous la direction du Comité électrotechnique français, p. 823. — Revues, analyses et informations : Propriétés mécaniques, électriques et magnétiques des alliages fer-aluminium fondus dans le vide, p. 825; Jauges à vide du type radiométrique, p. 828.

Section industrielle. — Ligne de transmission artificielle de la « Telluride Power Company », de Provo, Utah (Etats-Unis), par P. L., p. 829. — Revues, analyses et informations : La crise du cuivre en Allemagne, p. 836; Un nouveau type de relais à déclanchement direct, p. 838; Appareil automatique pour le graissage au départ, p. 839.

Section économique et financière. — Le bassin houiller des Alpes françaises, par J. R., p. 841. — Congrès général du Génie civil, p. 848. — Assemblées générales : Compagnie générale de Travaux d'Eclairage et de Force, p. 852; Société générale de Forces motrices et d'Eclairage de la ville de Grenoble, p. 852.

Section de législation. — Que faut-il entendre par l'emploi accessoire du courant pour la lumière dans les locaux industriels, arrêt de la Cour d'appel de Grenoble du 26 décembre 1917, par Paul BOUGAULT. — Législation, jurisprudence, réglementation : Arrêté fixant le tarif des opérations effectuées par le Bureau de Contrôle et d'Essais électrotechniques de l'Université de Toulouse, p. 855; Arrêté fixant la composition de la Commission technique de la télégraphie sans fil, p. 855; Création d'un Comité des machines-outils et de l'outillage mécanique, p. 856.

Nécrologie : Augustin Guyau. — Parmi tous les jeunes ingénieurs électriciens, si nombreux, hélas ! qui sont tombés pour la France, nous voudrions donner ici un souvenir particulièrement ému à l'un des plus distingués et qui nous donnait des espérances exceptionnellement brillantes, Augustin Guyau.

Fils du célèbre philosophe et poète Jean-Marie Guyau, Augustin Guyau naquit à Menton, le 13 décembre 1883. Il n'avait que quatre ans lorsqu'il eut le malheur de perdre son père. Il resta dès lors l'unique objet de la tendre sollicitude de son grand-père, Alfred Fouillée, l'éminent philosophe bien connu, et de deux femmes d'une distinction rare, Mme J.-M. Guyau et Mme Fouillée, dont les œuvres d'une haute portée morale répandues par milliers dans l'enseignement primaire ont, nous en sommes certain, contribué à former les fortes générations qui combattent aujourd'hui pour la grande cause.

AUGUSTIN GUYAU

L'éducation d'Augustin Guyau fut alors le grand but de l'existence de ces trois personnes de valeur véritablement exceptionnelle; elles s'y consacrèrent entièrement. Quelques professeurs du collège de Menton les y aidèrent, et le cycle des études classiques fut couronné par une classe de philosophie faite, pour son petit-fils, par l'un des plus grands philosophes de notre temps !

Après un baccalauréat Lettres-Philosophie brillamment passé, Augustin Guyau se tourna du côté des mathématiques pour lesquelles il eut toujours une prédilection marquée. Définitivement et complètement exempté du service militaire pour faiblesse de constitution — nous verrons bientôt quelle âme admirable recouvrait ce corps en apparence délicat — et libre de tout souci de ce côté, il se donna tout entier aux études supérieures; dès lors, une idée directrice domine sa vie : placé, par le hasard de la

Digitized by Google

naissance, parmi les heureux et les instruits de ce monde, il doit avant tout faire œuvre utile et donner l'exemple du travail. Les ressources trouvées à Menton ne suffisaient plus : l'Université de Marseille présentait tous les avantages d'un centre intellectuel en pleine activité, sans que l'éloignement du berceau familial en fût trop grand. Guyau y prépara ses licences de mathématiques et de physique (juillet 1907) et, cette même année, entra à l'École supérieure d'Électricité. L'enseignement qu'il y trouva fut pour lui une véritable révélation : nul esprit, plus que le sien, ne réunit le goût de l'idéal le plus élevé, et la recherche des réalités les plus concrètes ; il sentait qu'il n'y avait aucune opposition ni contradiction entre ces deux tendances ; aussi, bien que théoricien de premier ordre, il montra, dans ce premier contact avec le monde industriel, qu'il y avait en lui l'étoffe d'un excellent praticien : il sortit de l'école, avec son diplôme d'ingénieur, dans les premiers de sa promotion. Presque immédiatement, il entrait comme ingénieur aux Établissements Schneider de Champagne-sur-Seine où il fit un stage de quelques mois, et ensuite aux ateliers du Nord et de l'Est, à Jeumont où il fut attaché au bureau de calcul des machines. D'une activité infatigable, il préparait entre temps sa licence en droit dont il subit avec succès les examens en juillet 1909. Sa santé ne résista pas à cet effort, une mauvaise grippe l'oblige, sur l'ordre exprès des médecins, à prendre un repos nécessaire; mais un esprit trempé comme celui d'Augustin Guyau se pouvait accepter d'être réduit à l'inactivité; sa résolution est bientôt prise : puisqu'il doit, au moins momentanément, renoncer aux carrières industrielles où il avait si bien débuté, il se tournera du côté de la science et recherchera le diplôme de docteur ès sciences physiques. C'est à ce moment que j'eus les rapports les plus fréquents et les plus amicaux avec lui : je fus très heureux de mettre à sa disposition les ressources de mon laboratoire de la Faculté des Sciences de Paris où il entreprit, sous ma direction, un très intéressant travail sur le téléphone, instrument de mesure. Une première note à l'Académie des Sciences du 10 mars 1913 résumait ce travail ; et le 23 juin suivant, il soutenait devant la Faculté de Paris, sa thèse qui lui valait avec une mention honorable le titre de docteur ès sciences physiques. Quelques mois plus tard, en 1914, il devait en tirer un petit volume rempli de faits intéressants et de remarques pénétrantes qu'il publia chez Gauthier-Villars dans la collection des Actualités scientifiques : nous ne pouvons songer à l'analyser ici : qu'il nous suffise de rappeler que, sous le nom d'oscillographe interférentiel, l'auteur put réaliser, en utilisant les franges d'interférences, un appareil permettant d'enregistrer photographiquement des vibrations de fréquence de 500 environ, avec une précision atteignant le centième de micron (1).

Entre temps, il avait eu la grande douleur de perdre son grand-père, Alfred Fouillée, et sans interrompre ses recherches scientifiques, il consacrait à l'œuvre de ce dernier un livre intitulé « La Philosophie et la Sociologie d'Alfred Fouillée » qui obtint un légitime succès.

On retrouve donc, chez cet esprit vraiment exceptionnel, des tendances aux recherches et aux spéculations intellectuelles qu'il tenait, pourrait-on penser, par hérédité d'un père et d'un grand-père dont l'empreinte en ce domaine fut si profonde : mais la nature d'Augustin Guyau était bien plus complexe que cela ; quoiqu'il fût d'une nature réservée et se livrât peu, de nombreuses conversations m'avaient révélé chez lui le tourment continuel de faire œuvre utile, presque utilitaire, dût-il, pour cela, forcer sa nature en se contraignant à toutes les formes d'activité possible; à côté des problèmes de science pure, où il avait montré des qualités remarquables d'expérimentateur et de théoricien, il était préoccupé des questions d'ordre le plus pratique, et sur la couverture même de sa thèse, il annonçait en préparation un travail sur « Le problème de l'épuration des eaux résiduaires devant le Parlement et devant l'opinion ».

C'est évidemment pour obéir à des préoccupations de ce genre que, momentanément libéré de ses multiples travaux, il se résolut, au mois d'avril 1914, à entreprendre un voyage d'exploration au Maroc, où il entrevoyait un grand avenir de développement industriel. Il partit seul, et fit, à cheval, dans les régions les moins connues de ce pays neuf, un voyage pénible, souvent dangereux et des plus intéressants; il rentra en France le 29 juillet, dans ces jours de fièvre et d'angoisse patriotique qu'aucun de nous n'oubliera jamais. Complètement exempté de tout service militaire, Augustin Guyau n'a qu'une idée, s'engager à tout prix dans un poste actif et périlleux; pour y arriver, il profite de ce qu'il possède une motocyclette et est habitué à cet exercice; le 10 août, il signe son engagement. En octobre 1914, il est désigné, comme auto-mitrailleur pour se rendre en Belgique où il prend part à la bataille d'Ypres. Envoyé ensuite (décembre 1914) au quartier général du général Foch, il trouve son emploi de guetteur d'avions trop paisible, trop dépourvu de risques; ne doit-il pas, plus que jamais, prêcher d'exemple! Après de vaines démarches pour entrer dans l'aviation, il se fait verser au 356e régiment d'infanterie (avril 1915). Suit une

(1) Bibliographie des publications scientifiques d'A. Guyau.

La Revue électrique : Calcul des efforts élastiques développés dans un disque mince en rotation rapide, 1913, t. XIX, p. 80 ; 1914, t. XXI, p. 41.

Le Pont de Wheatstone en courant alternatif 1913, t. XX, p. 234.

Calcul de quelques coefficients de self-induction pour servir à l'étude des moteurs monophasés, 1912, t. XVII, p. 216.

Contribution à l'étude des bobines d'induction téléphonique, 1912, t. XVIII, p. 129.

Coefficients de self-induction et de capacité linéaires dans les courants à haute fréquence, 1912, t. XVIII, p. 447.

La Lumière électrique : Sur le rôle d'une self-induction et d'une capacité à la base d'une antenne, 1911, t. XV, p. 13.

Bulletin de la Société internationale des Électriciens : Oscillographe interférentiel. Le téléphone, instrument de mesure, 1913, p. 615.

Digitized by Google

période de travail dans les bois; puis le voilà sous les neiges, par dix degrés de froid, dans les tranchées de première ligne du trop fameux Bois-le-Prêtre. Sa bonne humeur reste entière, sa foi dans la victoire inébranlable. En septembre 1916, court séjour de son régiment au Bois-de-Chesnoy (Verdun rive droite), où il participe aux combats du moment. Janvier 1917 le trouve en stage à Toul: au milieu du stage il est nommé sergent et, à l'issue des examens, classé deuxième sur plus de cent élèves chefs de section. Il rejoint son régiment, se bat dans la Meuse, et le 13 mai 1917, pour avoir commandé avec bonheur une patrouille, il reçoit la Croix de guerre, avec la citation suivante à l'ordre de la brigade :

Gradé d'un courage et d'une intrépidité extraordinaires, possède un calme et un sang-froid remarquables. A résisté à un élément ennemi bien supérieur en nombre et lui a infligé des pertes.

Le 30 juin 1917, il monte en ligne et tombe en héros le 1er juillet à la cote 304. Son capitaine écrivit, dans une lettre dont il autorise la publication :

« Je n'ai jamais rencontré, dans ma carrière de soldat, d'homme plus brave et joignant à cette bravoure plus de calme et de sang-froid. C'est dans un combat acharné à la grenade que le sergent Guyau a été frappé en pleine poitrine en interdisant aux Allemands d'avancer. »

Voici enfin sa dernière citation à l'ordre du corps d'armée :

Modèle de bravoure et d'intrépidité, le 1er juillet 1917, au cours d'un combat à la grenade, s'est porté à l'endroit le plus dangereux, a réussi à arrêter la progression de l'ennemi et est tombé mortellement frappé.

Telle fut la fin de cette vie qui s'ouvrait si belle et si pleine de promesses : une intelligence lumineuse, un cœur généreux, l'ardent désir et la ferme volonté de faire œuvre utile, voilà tout ce qui disparaît avec Augustin Guyau; mais cette œuvre ne l'a-t-il pas pleinement réalisée par l'exemple admirable de son entier et simple dévouement à la grande cause; nous qui restons, nous devons perpétuer ces souvenirs et rendre fécond le sang qui a coulé!

Paul JANET.

Bibliographie : **Ocean Magnetic observations 1905 1916 and Reports on special Researches (Observations magnétiques sur l'Océan de 1905 à 1916 et Rapports sur quelques recherches spéciales)** par L.-A. BAUER, directeur, avec la collaboration de W.-J. PETERS, J.-A. FLEMING, J.-P. ACKI et W.-F.-G. SWANN (1) (t. III des *Researches of the Department of terrestrial Magnetism* — De même que le Bureau of Standards, de Washington, et les différentes Universités des États-Unis se font un plaisir de nous offrir à titre gracieux leurs bulletins et, en général, toutes les publications relatant les travaux exécutés dans leurs laboratoires, de même la Carnegie Institution of Washington a bien voulu faire don à la « Revue générale de l'Électricité » du magnifique volume contenant les résultats des observations magnétiques effectuées sur les divers océans pendant la période s'étendant de 1905 à 1916. Nous tenons à leur exprimer ici nos sincères remerciments. D'ailleurs, le grand nombre d'analyses très détaillées publiées dans ce journal démontre péremptoirement combien nous apprécions la valeur scientifique de tous les documents si aimablement mis à notre disposition.

Le présent volume constitue le troisième d'une série publiée par le « Department of terrestrial Magnetism of the Carnegie Institution of Washington » et portant le titre général du « Researches of the Department of terrestrial Magnetism ». Chaque volume porte un sous-titre résumant son contenu spécial: I et II « Land Magnetic Observations, 1905-1910 et 1911-1913 » ; dans le troisième, dont nous nous occupons, sont consignées les observations magnétiques faites à bord du « Galilée » pendant 3 croisières de 1905-1908 sur l'océan Pacifique, puis à bord du « Carnegie » pendant ses croisières de 1909-1916, sur l'océan Atlantique, l'océan Indien et l'océan Pacifique. Le personnel scientifique qui devait participer à ces expéditions avait déjà subi un entraînement spécial et s'était initié aux difficultés des observations à bord dans plusieurs voyages le long des côtes de l'Atlantique et dans le golfe du Mexique. Ces campagnes préparatoires conduisirent à cette conclusion importante que seul un bateau à voile avec le minimum de fer était capable de donner des résultats n'exigeant que peu de corrections et, grâce aux subventions de l'Institution Carnegie, on put faire l'acquisition du brick « Galilée » qui s'était acquis déjà une certaine réputation pour sa bonne tenue en mer. Ce bateau mesure 42 m. de longueur de coque, 38 m à la ligne de flottaison; au maître-bau sa largeur est de 10 m et sa profondeur de cale 4 m. A 3,60 m au-dessus du pont, entre les deux mâts, on avait installé une passerelle spéciale destinée à recevoir tous les instruments de mesure, qui, de ce fait, se trouvaient éloignés de 7 à 9 m de toute masse de fer, celle-ci étant constituée principalement par les boulons d'assemblage de la carcasse. Néanmoins, dès leur première sortie, les opérateurs constatèrent que le magnétisme induit de cette faible quantité de fer donnait encore lieu à des perturbations qui, malgré les corrections, laissait régner une certaine incertitude sur la précision des résultats. C'est alors que fut décidé la construction du « Carnegie » dont les dimensions se rapprochent sensiblement de celles du « Galilée » : longueur de coque, 47 m; longueur à la ligne de flottaison, 38 m; largeur au maître-bau, 10 m et profondeur de cale, 4 m. Il est entièrement en bois de chêne et de teck; les assemblages sont réalisés au moyen de chevilles en bois d'acacia et de boulons en cuivre et bronze. Pour le mouillage, on dispose de 4 ancres en bronze au manganèse, dont deux pèsent 860 kg, la troisième 600 kg et la quatrième, 160 kg; elles sont jetées et relevées au moyen de guindeaux en bois et laiton; les garnitures des écubiers et tous les accessoires métalliques du pont sont en bronze.

Le souci d'éliminer toute parcelle de substance magnétique se retrouve aussi dans la construction du moteur à gaz de 150 ch 4 cylindres qui était prévu pour l'entrée et la sortie des ports et, en outre, pour actionner le bateau à la vitesse de 6 nœuds à l'heure par calme plat; seuls les segments de piston, les soupapes et les cames sont en acier. Le gaz est produit par distillation d'anthracite. La batterie de cuisine et les fourneaux sont également en métal non

(1) Un volume de 30 cm × 23 cm, de VII 447 pages, 35 figures et 95 planches de photographies d'appareils et de cartes. Don gracieux de la « Carnegie Institution of Washington.

Digitized by Google

magnétique. En résumé, la masse totale de matières magnétiques portées par « Carnegie » atteint à peine 270 kg. La salle d'observation est installée au milieu du pont ; en avant et arrière sont disposées des coupoles tournantes analogues à celles employées par les astronomes. Enfin, pendant les lectures des appareils, il était interdit au personnel de s'approcher de plus de 3 m.

Les auteurs donnent une théorie détaillée de toutes les corrections qu'ils ont été amenés à faire subir aux lectures brutes des appareils ; ces corrections, pour la détermination d'un même élément, varient avec les conditions des observations. Des modèles de calcul permettent de s'assimiler la technique des opérations à effectuer ; finalement les résultats sont consignés dans des tableaux qui comprennent : l'indication de la station, la latitude, la longitude, la déclinaison, l'inclinaison, la composante horizontale du champ terrestre, la désignation des instruments, le cap, le roulis du navire, l'état de la mer et les conditions atmosphériques. De plus, le livre de bord tenu par l'officier commandant l'expédition reproduit, concurremment avec les mesures ci-dessus, un tableau très complet de l'heure des observations, du point et de tous les éléments météorologiques ; il est donc possible de revivre, pour ainsi dire, le travail exécuté pendant ces longues et nombreuses croisières.

Au total, le « Galilée » a parcouru, en 594 jours, 63 834 nautical miles, soit $63834 \times 1852 = 118220$ km ; on a effectué, à bord, 325 mesures de déclinaison, 315 mesures d'inclinaison, 321 mesures d'intensité de la composante horizontale. La campagne du « Carnegie » a été de beaucoup plus importante, comme le démontrent les résultats suivants : il a couvert, en 1353 jours escales comprises, 160 615 nautical miles, soit $160615 \times 1852 = 300\,000$ km environ et les nombres de déterminations des éléments magnétiques ont été respectivement 1729, 1166 et 1160.

Il nous reste maintenant à dire quelques mots des instruments choisis pour ces lointaines expéditions. Ils sont, presque tous, de construction américaine et conçus spécialement pour les observations à la mer. Avant leur embarquement en double exemplaire, on les avait soumis à un étalonnage par comparaison avec des instruments terrestres et, d'ailleurs, à chaque escale, on répétait ces vérifications aussi bien avec le jeu d'appareils terrestres qui avaient été emportés qu'avec les appareils des stations locales. Les planches donnent des photographies très variées des déclinomètres, inclinomètres inductomètres, magnétomètres et déflectomètres, soit seuls pour en détailler la construction, soit en ordre de marche pour montrer la façon de s'en servir.

Toutes ces pages sont éminemment instructives et présentent de l'intérêt, non seulement pour les météorologistes, mais encore pour nos constructeurs qui sauront profiter de l'expérience acquise par nos amis et alliés pour donner une impulsion à cette branche de l'appareillage pour ainsi dire inexistante en France.

Parallèlement à la détermination des éléments magnétiques et météorologiques, les deux missions avaient à remplir un autre programme comprenant l'étude de l'électricité atmosphérique, de l'ionisation de l'air et de la teneur en émanation de l'air marin et de l'eau de mer elle-même. De l'avis des auteurs, la fixation du gradient du potentiel n'est pas une opération facile, à cause du roulis, du claquement des voiles, etc. ; aussi, pendant les premières croisières, s'est-on adonné principalement à l'étude de la conductivité de l'air ou, autrement dit, de son degré d'ionisation. On a pu obtenir quelques résultats généraux assez nets : si l'on représente par λ_- et λ_- les conductivités respectives des ions positifs et négatifs, on a toujours constaté que $\lambda_- \lambda_-$ est plus grand que l'unité ; ces conductivités ont des valeurs plus élevées la nuit que le jour ; elles diminuent quand la pression barométrique augmente, mais augmentent toujours dès que le voisinage de la terre se fait sentir. Par exemple, en rangeant les océans par ordre de grandeur décroissante, Pacifique, Atlantique, Indien, on a pour $\lambda_- + \lambda_-$, $2.49 \times 10^{-4} - 3.51 \times 10^{-4} - 4{,}28 \times 10^{-4}$; la conductivité mesurée par vent de terre a été trouvée égale à $3{,}17 \times 10^{-4}$ et $3{,}11 \times 10^{-4}$ pour tomber à 2.92×10^{-4} et $2{,}94 \times 10^{-4}$ quand la brise souffle de la mer vers la terre.

En réalité, c'est pendant la quatrième croisière du « Carnegie » que cette partie du programme a reçu son plein développement. Les tableaux, en effet, contiennent les indications suivantes : latitude, longitude, date, pression, température, état hygrométrique, n_+ et n_- (nombre d'ions positifs et négatifs par centimètre cube), λ_-, λ_-, v_- et v_- (mobilités), $\frac{n_-}{n_-}$, $\lambda_- - \lambda_-$, X (gradient du potentiel), $i = (\lambda_- + \lambda_-) X$, v_0 (nombre de paires d'ions produits par seconde dans la chambre d'ionisation), Q (teneur en émanation par mètre cube, exprimée en curie $\times 10^{-12}$), vent nuages et temps. Les parties théoriques relatives à chacune de ces mesures sont très développées : de plus, un exemple de calcul montre, comme pour le cas des éléments magnétiques, la marche à suivre pour appliquer les formules aux résultats des mesures.

A ceux de nos lecteurs qui n'ont que de vagues notions sur ces questions, nous conseillerons de lire au préalable les quelques pages du « Traité de Magnétisme terrestre », de E. Mascart, édition 1900, consacrée au magnétisme des navires, p. 402-436 et l'article de la « La Revue électrique » du 5 avril 1913, p. 330 sur les appareils pour l'observation de l'électricité atmosphérique. — B. C.

Société de Chimie industrielle. — Séance du 27 mai. — Dans cette séance, tenue en l'hôtel du Comité des Forges et présidée par M. Drouets, directeur de l'Office national de la Propriété industrielle, M. André Taillefer, ancien élève de l'École polytechnique, avocat à la Cour d'appel, a présenté le rapport élaboré par la Commission chargée d'étudier les modifications à apporter à la législation actuelle des brevets.

On sait, en effet, qu'un projet de loi a été déposé, à ce sujet, par le gouvernement, à la date du 6 juin 1916. C'est à l'amendement de certains points de ce projet que concluait le rapport de la Commission. Après l'exposé des raisons qui l'ont inspiré dans sa tâche, les conclusions de la Commission ont fait l'objet d'un échange de vues entre les assistants.

Ont été adoptées les résolutions relatives à la protection des droits de l'inventeur ; au remplacement de la déchéance, pour défaut ou insuffisance d'exploitation, par l'obligation, pour le breveté, d'accorder une licence au tiers qui en ferait la demande ; enfin à l'organisation d'une procédure plus simplifiée et plus expéditive.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Abaque pour faciliter le calcul des réseaux à courants alternatifs au moyen de la méthode de M. Boucherot

Cet abaque complète la méthode indiquée par M. Boucherot pour le calcul des réseaux de distribution ; il en rend l'usage plus pratique et moins pénible pour ceux qui n'ont plus la grande habitude des calculs numériques.

On sait que la méthode indiquée par M. Boucherot pour le calcul des installations à courants alternatifs est basée sur la considération des puissances réelle et magnétisante mises en jeu dans un circuit alternatif : la puissance réelle ou wattée ou active ($UI\cos\varphi$) correspondant dans une période à une certaine quantité d'énergie produite ou dépensée, la puissance magnétisante ou déwattée ou réactive ($UI\sin\varphi$) servant à produire dans les circuits magnétiques des flux dont l'intégrale est nulle dans la période et même dans la demi-période.

Bien que l'application de cette méthode au calcul des réseaux de distribution soit bien connue, nous rappellerons, pour faciliter la compréhension de ce qui suit, qu'elle se fait en pratique de la façon suivante :

1° On détermine les éléments nécessaires au calcul en faisant le départ de la puissance réelle et de la puissance réactive nécessaires au fonctionnement de chaque récepteur.

Dans la plupart des cas pratiques, la puissance réelle étant connue, on n'a qu'à déterminer la puissance réactive au moyen de la formule

$$P_d = P_w \operatorname{tg}\varphi. \qquad (1)$$

où φ est le déphasage du récepteur considéré.

2° On calcule les puissances réelle et réactive mises en jeu dans le réseau en additionnant algébriquement les puissances de même nature absorbées par les différents récepteurs. (Théorème de M. Boucherot.)

3° On détermine le déphasage résultant de l'ensemble des récepteurs en appliquant la formule (1) mise sous la forme

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{P_d}{P_w};$$

4° On obtient finalement la puissance apparente totale au moyen de la relation bien connue

$$P_{app} = \frac{P_w}{\cos\varphi}. \qquad (2)$$

On voit que la méthode appliquée comme nous venons de l'indiquer ne nécessite que de simples additions et l'emploi des formules (1) et (2). La seule difficulté d'exécution qu'elle présente résulte du fait que le déphasage figure dans la première formule par sa tangente dont on ne connaît en pratique que très rarement la valeur. Aussi avons-nous cherché à rendre l'application de la méthode plus facile en substituant à ces deux formules un abaque à points alignés, pouvant donner, par simple lecture directe, les résultats avec une exactitude suffisante pour les besoins de la pratique industrielle.

Construction du nomogramme. — Considérons d'abord l'équation

$$P_d = P_w \operatorname{tg}\varphi,$$

après anamorphose logarithmique on peut l'écrire sous la forme

$$\log P_d - \log P_w - \log \operatorname{tg}\varphi = 0,$$

qui entre dans la catégorie d'équations dont le nomogramme est constitué par trois échelles parallèles rectilignes.

On sait (1) que dans un tel nomogramme les modules μ_1, μ_2, μ_3 des échelles portées sur les axes doivent être choisies de façon à satisfaire à la relation

$$\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} = \frac{1}{\mu_3}.$$

D'autre part, les supports des échelles doivent être placés à des distances ξ_1, ξ_2 telles que l'on ait

$$\frac{\xi_1}{\xi_2} = -\frac{\mu_1}{\mu_2}.$$

En tenant compte de ces relations et des conditions

(1) M. d'Ocagne. *Calcul graphique et nomographique.*

Digitized by Google

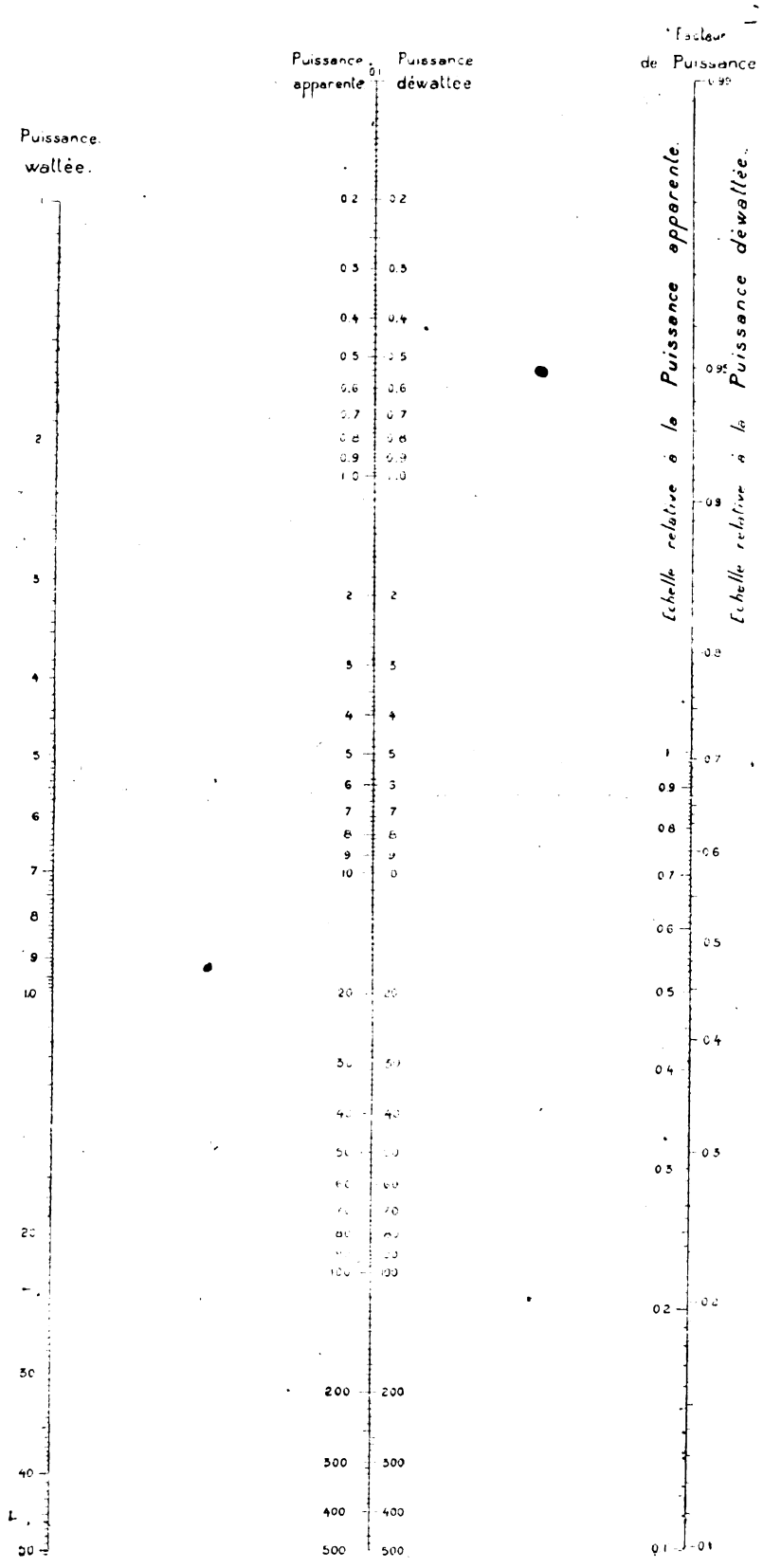


Fig. 1.

qui assurent à l'abaque une bonne disposition pratique, nous avons été conduit à prendre

$$\mu_1 = 25 \text{ cm}, \qquad \mu_2 = 25 \text{ cm}, \qquad \delta_1 = 10 \text{ cm}.$$
$$\mu_3 = 12.5 \text{ cm}, \qquad \delta_2 = 10 \text{ cm}.$$

Les échelles constituant le nomogramme sont alors les suivantes :

$$f_1 = 0{,}25 \log P_w,$$
$$f_2 = 0{,}25 \log \operatorname{tg} \varphi,$$
$$f_3 = 0{,}125 \log P_w.$$

Passons à l'équation (2). Elle peut s'écrire après transformation logarithmique

$$\log P_{ap} - \log P_w + \log \cos \varphi = 0,$$

qui est de même forme que l'équation (1). Elle sera donc, elle aussi, représentable par un nomogramme à trois échelles rectilignes.

Les modules et les distances des échelles devront satisfaire aux relations

$$\frac{1}{\mu'_1} + \frac{1}{\mu'_2} = \frac{1}{\mu'_3},$$
$$\frac{\delta'_1}{\delta'_2} = -\frac{\mu'_1}{\mu'_2},$$

qui déterminent complètement leur valeur si l'on remarque que, pour utiliser les mêmes axes et rendre l'échelle des puissances réelles commune aux deux nomogrammes, il faut prendre

$$\delta'_1 = \delta_1 = 10 \text{ cm},$$
$$\delta'_2 = \delta_2 = 10 \text{ cm},$$
$$\mu'_1 = \mu_1 = 25 \text{ cm}.$$

Le nomogramme de la formule (2) est alors déterminé par les échelles

$$f'_1 = 0{,}25 \log P_w,$$
$$f'_2 = 0{,}25 \log P_{ap},$$
$$f'_3 = 0{,}125 \log \cos \varphi.$$

En graduant les trois axes au moyen de ces échelles nous avons obtenu le nomogramme représenté sur la figure, sur lequel nous avons porté en regard des divisions principales l'indication des nombres eux-mêmes suivant le procédé de construction des règles à calcul.

Le support médian a reçu une double graduation logarithmique (P_{ap} et P_w)

Digitized by Google

mais les deux fonctions étant portées avec le même module et à partir de la même origine les graduations sont identiques.

Le support du facteur de puissance a également reçu une double graduation : celle de gauche que l'on utilise pour calculer la puissance apparente est l'échelle logarithmique de la fonction cos φ : celle de droite, qui sert à la détermination de la puissance magnétisante, est celle de la fonction log tg φ graduée avec les valeurs correspondantes de cos φ pour faciliter l'utilisation.

L'échelle des puissances wattées a été limitée à 50 et celle des puissances apparentes et déwattées à 500 pour donner à l'abaque les limites d'un format usuel, mais il est bien évident que l'emploi du nomogramme s'étend à une puissance quelconque, car le choix de l'unité de puissance étant arbitraire dans les formules 1 et 2, on peut toujours diviser les puissances par un facteur convenable pour qu'elles tombent dans les limites des échelles.

Mode d'emploi du nomogramme. — Le mode d'emploi de l'abaque est très simple ; il se résume en ceci :

Si l'on connait la puissance réelle absorbée par le récepteur, on obtient la puissance réactive en alignant la puissance active avec le facteur de puissance lu sur l'échelle relative à la puissance réactive et en lisant la cote du point d'intersection de cet alignement avec l'échelle de la puissance réactive.

Si l'on connait la puissance apparente du récepteur, on l'aligne avec le facteur de puissance que l'on lit sur l'échelle relative à la puissance apparente et note la cote du point d'intersection de l'alignement obtenu avec l'échelle des puissances actives. On fait ensuite pivoter l'alignement autour de ce point et on l'amène à coïncider avec le facteur de puissance lu sur l'échelle relative à la puissance apparente. La cote du point d'intersection avec l'axe médian fait connaitre la valeur de la puissance réactive.

Un exemple concret mettra en évidence la simplicité de la méthode.

Soit à déterminer le courant absorbé par un groupe de récepteurs alimentés par un même transformateur triphasé sous la tension de 120 v et comprenant :

1° Un moteur asynchrone de 25 kv-a avec cos $\varphi = 0{,}8$;

2° Un moteur asynchrone de 15 kv-a avec cos $\varphi = 0{,}7$;

3° Un moteur synchrone surexcité de 10 kv-a avec cos $\varphi = 0{,}9$;

4° 2,5 kv-a en lampes à incandescence.

Les puissances actives et réactives absorbées par chacun de ces récepteurs sont données par les alignements suivants :

cos φ (échelle des P_{ap})	P_{ap}	P_w	P_d	cos φ (échelle des P_d)
0,8	25	20	15	0,8
0,7	15	10,5	10,7	0,7
0,9	10	9	— 4,3	0,9
1	2,5	2,5	0	1
		$P_w = 42$	$P_d = 21{,}4$	

Le facteur de puissance de l'ensemble est fourni par l'alignement

P_w	P_d	cos φ (échelle des P_d)
42	21,4	0,89

et la puissance apparente absorbée

P_w	P_{ap}	cos φ (échelle des P_{ap})
42	47	0,89

L'intensité du courant cherché est donc

$$\frac{47\,000}{\sqrt{3}\,120} = 226 \text{ ampères.}$$

A. Castex,
Ingénieur, professeur à l'Institut polytechnique de l'Université de Grenoble.

Essais sur l'aluminium effectués sous la direction du Comité électrotechnique français

En mai 1917, le Comité électrotechnique français publiait la note suivante qui vient d'être publiée officiellement en français et en anglais.

Désireux d'apporter sa contribution à l'établissement de la définition de l'*aluminium-type*, le Comité électrotechnique français a fait entreprendre les mesures dont les résultats sont donnés ci-après.

Elles ont porté sur des échantillons industriels, fils du commerce, fournis par deux des principales fabriques, désignées ci-après par les lettres A et B.

Les mesures d'ordre mécanique : densité, coefficient de dilatation ; charge de rupture ; allongement, ont été confiés au Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Les analyses chimiques des échantillons ont été faites au Laboratoire de Chimie de l'Ecole supérieure des Mines, sous la direction de M. Chesneau, sous-directeur de cette École.

Enfin, le Laboratoire central d'Électricité a été chargé

Digitized by Google

des mesures électriques, qui ont été exécutées par M. Van Rysselberghe, chef des travaux à l'École supérieure d'Électricité.

Détails sur les essais électriques. — Le but en était la détermination de la résistivité et du coefficient de température de l'aluminium tel qu'il est utilisé pour les canalisations électriques entre les limites de température généralement atteintes. Des échantillons, à 99 et 99,5 pour 100 de pureté nominale, ont été étudiés sous forme de fils de 1 mm et de 2 mm de diamètre. Ces fils venant directement des usines sont considérés comme écrouis.

Méthodes employées. — Les fils ont été découpés en longueurs telles que leur résistance, mesurée entre deux prises bien définies, fût de l'ordre de grandeur de l'étalon de comparaison. Elles étaient d'environ 6 m pour les fils de 1 mm et de 14 m à 17 m pour ceux de 2 mm. Le fil a été, ensuite, enroulé sur un prisme octogonal, formé par huit tiges isolantes; le diamètre du prisme était approximativement de 25 cm. Le tout était plongé dans un récipient entouré de calorifuge et contenant de l'huile qu'on agitait pour uniformiser la température. On chauffait le bain au moyen d'une résistance placée à la périphérie du récipient. Trois thermomètres, régulièrement espacés dans la hauteur du bain, et disposés aux sommets d'un triangle équilatéral, donnaient, par la moyenne de leurs lectures, la température du bain.

La méthode de mesure employée était celle du pont double. La résistance de comparaison était un étalon construit par la maison Carpentier, plongé dans un bain de pétrole. Un galvanomètre Deprez-d'Arsonval formait appareil de zéro. Le courant principal était fourni par une batterie de deux accumulateurs et réglé, au moyen de conductances, à une valeur assez faible pour que la chaleur Joule fût négligeable.

Mode opératoire. — Tout en maintenant le courant constant, on agitait le liquide Quand les lectures données par les trois thermomètres étaient devenues suffisamment voisines, on faisait une première mesure; puis on continuait à des intervalles de temps égaux, en ayant soin de relever en même temps, les indications des thermomètres, et les valeurs des résistances donnant l'équilibre du galvanomètre. Une courbe de la résistance de chaque échantillon a été ainsi tracée pour des valeurs croissantes et décroissantes de la température, entre les limites de 20 ° C et 60° C.

Détermination du coefficient de température. — Entre les limites fixées, les points se plaçaient sur une droite. On peut donc appliquer la relation

$$R_t = R_{20}\,[1 + \beta\,(t - 20)]$$

qui permet de déduire la valeur de β entre les limites considérées.

$$\beta = \frac{R_t - R_{20}}{R_{20}\,(t - 20)}.$$

Si l'on préfère employer la formule usuelle

$$R_t = R_0\,(1 + \alpha t),$$

c'est-à-dire prendre comme point de départ la température 0° C. On trouve aisément

$$\alpha = \frac{\beta}{1 - 20\,\beta}.$$

Les coefficients α et β sont donnés dans le tableau suivant :

ORIGINE DES FILS	A	A	B	B	B	B
Diamètre du fil, en mm	1	2	1	2	1	2
Pureté nominale, en centièmes			99	99	99,5	99,5
Section, en cm²	0,00776	0,0311	0,00795	0,0315	0,00793	0,0311
Densité à 16°C, en g : cm	2,71	2,71	2,70	2,72	2,70	2,72
Résistivité à 20°C, en microhms-cm.	2,803	2,836	2,950	2,971	2,920	2,945
Coefficient de variation de la résistance avec la température : α	0,00444	0,00440	0,00419	0,00419	0,00417	0,00392
Coefficient de variation de la résistance avec la température : β	0,00408	0,00405	0,00387	0,00387	0,00385	0,00364
Coefficient moyen de dilatation entre 0° et 100°C	0,0 000 235	0,0 000 235	0,0 000 228	0,0 000 229	0,0 000 232	0,0 000 229
Charge de rupture, à 14°C, en kg : mm² : essai n° 1.	16,6	16,7	22,9	25,0	23,5	26,1
Charge de rupture, à 14°C, en kg : mm² : essai n° 2.	16,6	16,2	22,9	25,5	23,2	26,1
Allongement relatif, à 14°C, en centièmes : essai n° 1.	1,0	2,0	1,5	2,0	1,2	2,2
Allongement relatif, à 14°C, en centièmes : essai n° 2.	1,2	2,0	1,3	2,2	1,2	2,2
Analyse chimique des échantillons :						
Carbone (C)	0,008		0,083		0,041	
Cuivre (Cu)	0,035		0,310		0,002	
Plomb (Pb)	0,010		traces		traces	
Fer (Fe)	0,560		0,700		0,094	
Silicium (Si)	0,980		0,244		0,370	
Soufre (S)	0,058		0,007		traces	
Arsenic (As)	traces		traces		traces	
Phosphore (P)	traces		traces		traces	
Aluminium, par différence	98,349		98,656		99,493	

Digitized by Google

Détermination de la résistivité. — Pour obtenir la résistivité, on a mesuré la longueur comprise entre les deux prises de potentiel à l'aide d'un mètre de Morin. La section a été calculée en prenant, à l'aide d'un palmer de précision, les valeurs de deux diamètres perpendiculaires, en plusieurs points de la longueur, et en assimilant la section à une ellipse. La résistance étant prise sur la droite figurative des mesures, la résistivité en est déduite par

$$\rho = \frac{R\,s}{l}.$$

Une vérification des valeurs de la section a été obtenue en utilisant la mesure de la densité des échantillons.

Les résultats des mesures sont consignés dans le tableau.

Le Comité électrotechnique français fait observer que l'aluminium industriel ne pouvant pas, dans l'état présent de sa métallurgie, être obtenu avec un degré de pureté comparable à celui du cuivre, par exemple, il n'a pas paru nécessaire de pousser à l'extrême la precision de mesures dont l'objet est la connaissance des valeurs des constantes physiques de produits industriels, mais non pas une recherche de physique pure. Par contre, l'analyse chimique, qui forme le complément indispensable à l'étude d'un produit dont la pureté est limitée, a été l'objet des soins les plus attentifs.

Revues, analyses et informations

Propriétés mécaniques, électriques et magnétiques des alliages er-aluminium fondus dans le vide (1).

I. — Généralités. — Parmi les propriétés les plus saillantes de l'aluminium, nous rappellerons seulement les suivantes qui serviront à élucider certains détails de la préparation des lingots fer-aluminium et feront comprendre pourquoi ces alliages sont difficilement exempts de carbone.

1° L'aluminium ajouté au fer en fusion réduit les oxydes de fer à l'état de fer métallique ; il libère aussi le carbone de CO et CO^2 et cette élimination des gaz prévient toute agitation tumultueuse du bain ainsi que les soufflures pendant la solidification et le refroidissement. Si le bain est très liquide, tout l'oxyde Al^2O^3 formé surnage à la surface ; s'il n'en est pas ainsi, cet oxyde s'incorpore au fer dont il augmente la viscosité et qu'il rend plus ou moins impur.

2° L'aluminium additionné dans la proportion de 2 à 5 pour 100 précipite tout le carbone à l'état de graphite et fait passer, par exemple, la fonte blanche à l'état de fonte grise : mais dans la proportion de 10 à 20 pour 100, il transforme tout le carbone à l'état de composé Fe^3C.

3° Comme la chaleur de combustion qui accompagne l'oxydation de l'aluminium est de beaucoup plus élevée que la quantité de chaleur nécessaire à la réduction des oxydes de fer (application à l'aluminothermie), il en résulte que l'aluminium, ajouté au fer oxydé ou à l'acier, a pour effet d'augmenter la température du bain. C'est ce fait et non pas le faible abaissement du point de fusion, qui est la cause de la grande fluidité acquise par le bain quand il contient une très faible quantité d'aluminium.

C'est Gwyer qui, en 1908, a établi le diagramme d'équilibre de l'alliage fer-aluminium ; à l'état liquide, les deux métaux se mélangent en toutes proportions. Jusqu'à la teneur de 50 pour 100 en aluminium, l'alliage laisse déposer d'abord des cristaux mixtes pendant sa solidification, mais comme la solution solide est saturée pour 34 pour 100 d'aluminium, tout le métal en excès est précipité au fur et à mesure que la solidification progresse. Pour les alliages renfermant moins de 34 pour 100 de Al, il n'y a précipitation d'aucun des constituants pendant le refroidissement ; par conséquent, à la température ordinaire, ces alliages sont constitués par des cristaux mixtes de fer et d'aluminium (solution solide).

L'abaissement du point de fusion du fer en présence d'aluminium est insignifiant ; il atteint 10° environ pour une teneur de 10 pour 100 Al. Le diagramme d'équilibre nous montre encore que l'alliage à 59 pour 100 abandonne pendant la solidification des cristaux de $Fe\,Al^3$, et qu'il reste de l'aluminium liquide qui finalement se solidifie à 653°. En résumé donc, comme les alliages étudiés par les auteurs ne comportent pas plus de 10 pour 100 d'aluminium, il résulte du diagramme qu'ils sont exclusivement formés de cristaux mixtes des deux métaux comme c'est d'ailleurs le cas pour les ferro-siliciums.

Le fer utilisé était du fer électrolytique doublement affiné, contenant moins de 0,01 pour 100 de carbone et environ 0,01 pour 100 de silicium. Il était nettoyé à l'acide chlorhydrique, l'eau distillée, l'alcool puis finalement lavé à l'éther et séché dans le vide.

Les échantillons d'aluminium ont donné à l'analyse, en pour 100 : Si, 0, 20 ; Fe, 0,17 ; C, 0 et Al (par différence), 99,63.

On opérait la fusion, dans un creuset en magnésie chauffé dans un four électrique Arsem à vide et capable de supporter une charge de 600 g de fer fondu ; la pression qui régnait à l'intérieur du four ne dépassait jamais 1 mm de mercure.

On avait essayé d'abord d'opérer la fusion simultanée des deux métaux, mais il a bientôt fallu renoncer à ce procédé pour deux raisons. Tout d'abord, le point de fusion de l'aluminium est tellement bas par rapport à celui du fer qu'une quantité considérable d'aluminium se trouve vaporisée avant que le fer ait été amené au point voulu pour se combiner avec lui. D'autre part, la vapeur d'aluminium entrave le fonctionnement du four en ce sens qu'elle ne permet pas de maintenir la pression à la valeur nécessaire pour la fusion complète du fer. Il en résulte que Al^2O^3, au lieu de surnager, s'incorpore au fer ou en circonscrit des parties importantes, ce qui donne des lingots très irréguliers. En second lieu, ce mode opératoire, par suite de la propriété que possède l'aluminium de réduire l'oxyde de

(1) Trygve D. Yensen et Walter A. Gatward, *University of Illinois Bulletin*, 29 janvier 1917, t. XIV, 50 p. 19 fig.

Digitized by Google

carbone aux hautes températures, a pour conséquence d'introduire plus ou moins de carbone dans l'alliage.

On a donc essayé de tourner cette difficulté de la manière suivante. On fondait d'abord le fer et, avant la fin de l'opération, on laissait tomber l'aluminium (en fil ou en tige) dans le bain sans ouvrir le four. A cet effet le fil ou la tige étaient suspendus à un fil extérieur très fin, tendu entre deux bornes isolées implantées dans le couvercle et que l'on faisait fondre en mettant ces bornes en relation avec les bornes du four. La chute de la tige était guidée par un tube en graphite.

Malgré toutes ces précautions, on constatait encore que l'aluminium se recouvrait toujours d'une pellicule grisâtre sur une longueur d'autant plus grande qu'on le descendait plus près du bain; cette pellicule était un mélange de C et Al^2O^3, le carbone provenant de la réduction de CO, non seulement à haute température, mais aussi à basse température, ce qui confirme les observations antérieures de Stead.

La méthode ne permet donc pas l'obtention d'un ferro-aluminium exempt de carbone; l'analyse en a révélé jusqu'à 0,65 pour 100. On a donc considéré comme alliages non contaminés ceux qui contenaient moins de 0,02 pour 100 de carbone, parce que, dans cette proportion, le carbone n'a pas encore une influence trop néfaste sur les propriétés magnétiques de l'alliage. Il y a donc encore lieu de perfectionner le procédé de préparation de ces combinaisons.

Les lingots étaient abandonnés au refroidissement dans

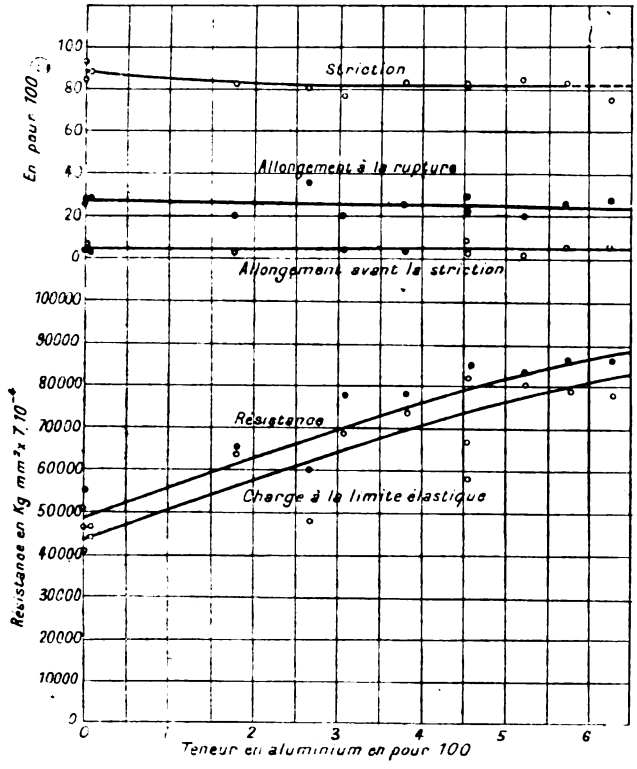


Fig. 1. — Propriétés mécaniques d'alliages fer-aluminium fondus dans le vide après martelage.

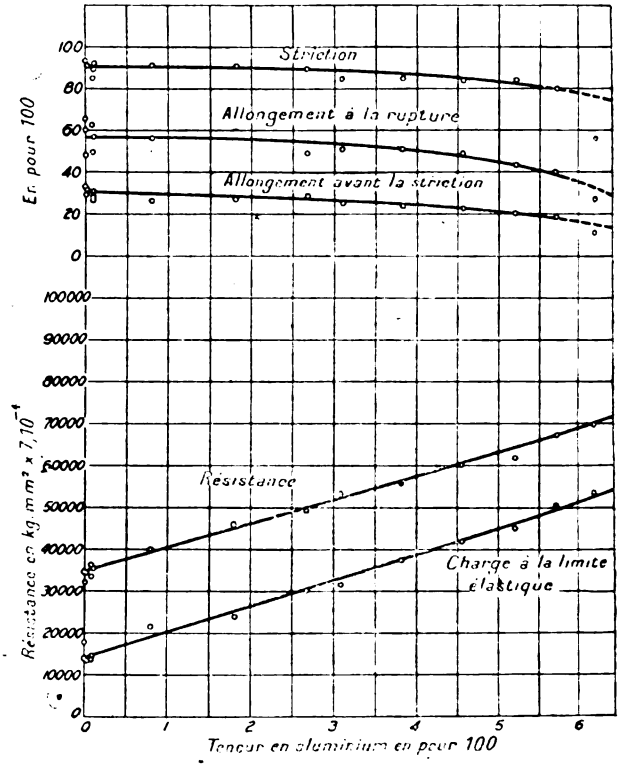


Fig. 2. — Propriétés mécaniques des alliages fer-aluminium fondus dans le vide, après recuit à 1 000° C.

l'air, puis forgés en forme de tiges et finalement façonnés en éprouvettes.

Les essais mécaniques, électriques et magnétiques ont été faits après les traitements suivants : 1° martelage ; 2° recuit à 900°, suivi d'un refroidissement au taux de 20° à l'heure ; 3° recuit à 1100°, suivi d'un refroidissement au taux de 30° à l'heure.

II. — Propriétés mécaniques. — Elles sont résumées dans les figures 1 et 2 qui se réfèrent aux mêmes échantillons, soumis aux deux traitements : le martelage et le recuit à 1000° C (1).

(1) A titre de comparaison, les auteurs publient en même temps les propriétés mécaniques des alliages correspondants fer-silicium ; ils opposent aussi leurs résultats à ceux de Hadfield et Léon Guillet (*Revue de Métallurgie*, 1905, p. 312-327).

Ces courbes confirment qu'en général l'aluminium, en l'absence de carbone, augmente la ténacité du fer à peu près proportionnellement à la quantité ajoutée et n'altère que faiblement son élasticité. Il n'est pas possible, pour le moment, de dire jusqu'à quel point cette règle est vraie, puisqu'on n'a pas réussi à préparer des alliages exempts de carbone au delà d'une teneur de 6 pour 100 en aluminium.

Si la quantité de carbone présent est d'environ 0,1 pour 100, l'aluminium, jusqu'à 8 pour 100, n'a pas une influence bien marquée sur la résistance et l'élasticité du fer; ceci est surtout évident avec les alliages recuits; au contraire, avec le fer presque pur, de faibles traces de carbone augmentent la ténacité de ce métal d'environ 50 pour 100. Les courbes de résistance des alliages contenant peu de carbone seront, par conséquent, approximativement horizontales et couperont les courbes afférentes aux alliages

Digitized by Google

considérés comme libres de carbone aux points correspondant à 4 ou 5 pour 100 d'aluminium, à partir desquels l'action du carbone semble devenir moins prépondérante. En général, le rôle de petites quantités de carbone consiste à masquer le rôle vrai de l'aluminium sur les propriétés mécaniques du fer.

Si l'on met en parallèle les ferro-aluminiums et les ferro-siliciums, on constate que, jusqu'à 4,6 pour 100, ceux-ci augmentent beaucoup plus la résistance du fer que ne le font les premiers, mais ils augmentent en même temps sa fragilité, ce qui n'a pas lieu avec l'aluminium. Au delà d'une teneur de 4,5 pour 100, les ferro-siliciums perdent rapidement leur résistance et leur élasticité, tandis que l'aluminium continue à augmenter la résistance du fer, sans altérer son élasticité.

III. — Propriétés électriques et magnétiques. — On connaît depuis longtemps l'influence considérable qu'une addition d'aluminium ou de silicium exerce sur la résistivité du fer; celle-ci est plus que doublée pour un alliage contenant 1 pour 100 d'aluminium, et, d'une manière générale, elle croît proportionnellement à la quantité d'alumi-

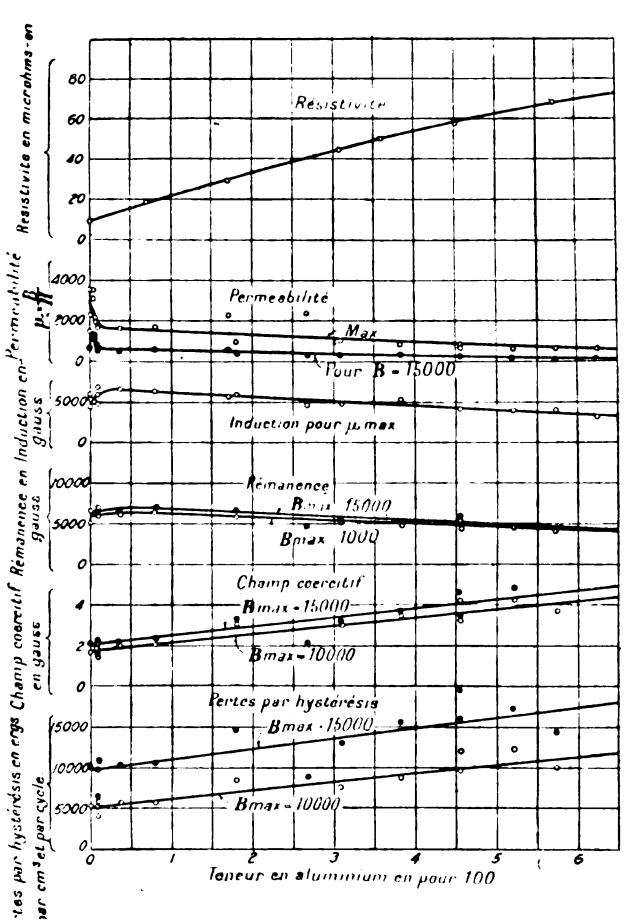


Fig. 3. — Propriétés électriques et magnétiques des alliages fer-aluminium fondus dans le vide, après martelage.

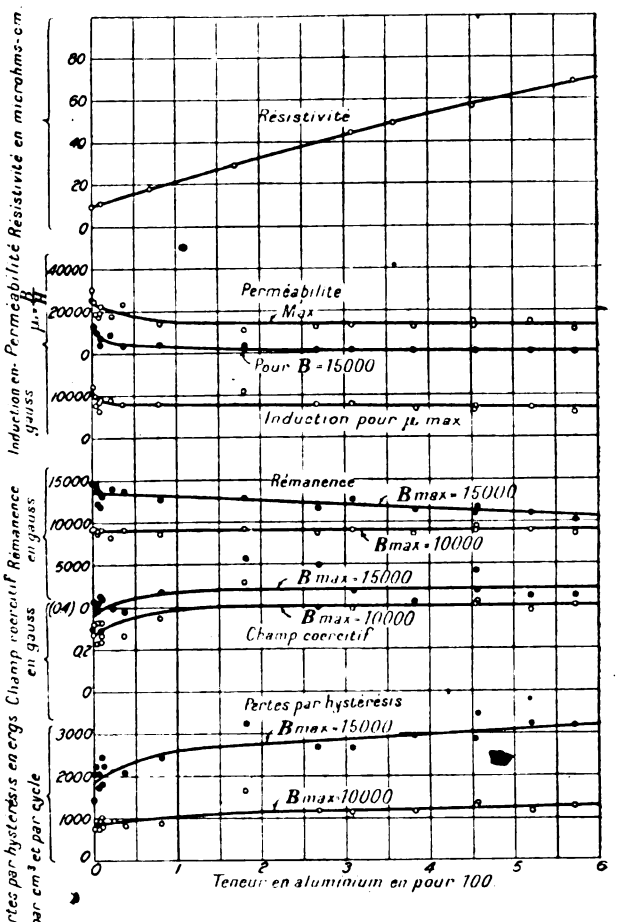


Fig. 4. — Propriétés électriques et magnétiques des alliages fer aluminium fondus dans le vide, après recuit à 900° C.

nium ajoutée, soit de 12 microhms-centimètre par $\frac{1}{100}$ d'aluminium; aussi est-il possible de déduire la composition d'un alliage fer-aluminium de la courbe des résistivités. Le procédé est d'autant plus sûr que la résistivité reste inaltérée, quels que soient les traitements thermiques ou mécaniques que l'on a fait subir à l'échantillon. Cette propriété est bien mise en évidence par les courbes supérieures des figures 3, 4 et 5 qui, relevées sur des éprouvettes : 1° après martelage; 2° après recuit à 900° et 1 100° C, n'accusent aucune altération de la résistivité.

Les propriétés magnétiques de ces alliages sont, au contraire, très susceptibles à l'action de la chaleur : la perméabilité augmente dans des proportions énormes, tandis que les pertes par hystérésis diminuent. La cause qui joue un rôle prépondérant dans les variations du magnétisme du fer et de ses alliages est la tension interne du métal, tension qui se trouve éliminée par le recuit. Certains auteurs ont pensé que tout traitement calorifique, à partir de 700° ou 800° C et suivi d'un refroidissement très lent, de 30° à l'heure, suffisait pour transformer tout le fer γ et β en fer α; or, les expériences présentes montrent qu'un refroidissement lent, à partir de 1 100° C, donne toujours un maximum de perméabilité supérieur et un minimum de pertes par hystérésis inférieur à ceux que l'on obtient en partant de 900° C.

Traduisons en chiffres quelques-uns des résultats indiqués par les courbes. La perméabilité maximum du fer pur,

Digitized by Google

non recuit, est de 3000, mais tombe à 600 pour un alliage à 6 pour 100. Après recuit à 900° et 1 100° C, le fer pur donne $\mu = 24000$ et l'alliage à 6 pour 100 donne $\mu = 13000$ et 17000; on remarquera même sur la courbe de la figure 5 que le recuit à 1 100° C accuse un maximum pour μ égal à 40 000 dans un alliage à 0,4 pour 100; mais il n'y a plus aucune amélioration des propriétés magnétiques au-dessus de cette dernière température que l'on peut considérer jusqu'à nouvel ordre comme une température limite.

L'intensité du champ intervient d'une façon assez bizarre dans ces expériences; un morceau de fer pur, d'abord

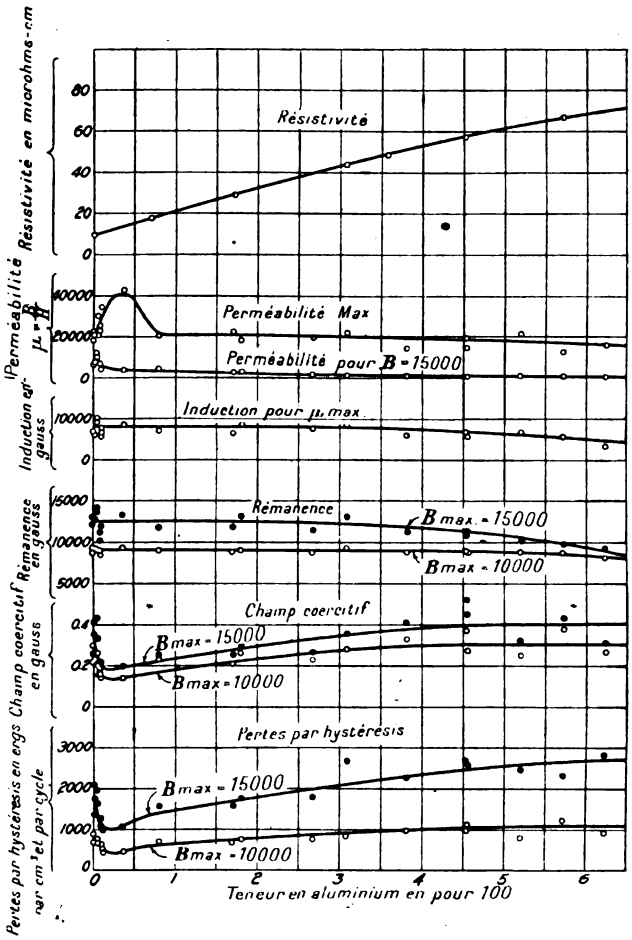


Fig. 5. — Propriétés électriques et magnétiques des alliages fer-aluminium fondus dans le vide, après recuit à 1 100° C.

recuit à 900° C, puis chauffé de nouveau à 1 100° C, perd de sa perméabilité pour des valeurs de H comprises entre 20 et 100 gilberts par centimètre. Pour H = 200 gilberts, le gain n'est que de 1 à 2 pour 100 et il est le même pour les recuits à 900° et 1 100° C.

Si l'on fait une comparaison entre les alliages fer-aluminium et fer-silicium, on constate que les alliages faibles, jusqu'à 0,2 pour 100, présentent, dans les deux cas, un maximum dans la courbe de perméabilité, un maximum et un minimum dans les courbes du champ coercitif et des pertes par hystérésis. Les alliages riches en aluminium et silicium n'ont plus aucun caractère commun.

L'auteur considère comme alliages fer-aluminium non contaminés ceux qui ne renferment pas plus de 0,01 à 0,02 pour 100 de carbone; au-dessus de cette limite, les propriétés magnétiques diminuent rapidement; l'addition de 0,10 pour 100 de carbone fait tomber la perméabilité de 20 000 à 5 000.

Au point de vue mécanique les alliages fer-aluminium riches ont sur les alliages fer-silicium de même teneur l'avantage d'une plus grande élasticité; ils se laissent mieux travailler et se prêtent à des applications pour lesquelles les ferro-siliciums seraient tout à fait impropres à cause de leur grande fragilité.

IV. — Structure cristalline. — L'étude micrographique met nettement en évidence ce fait que le fer et l'aluminium constituent une solution solide, comme l'avaient déjà constaté antérieurement d'autres expérimentateurs. La structure des échantillons martelés éprouve de grandes variations; les dimensions des cristaux décroissent généralement quand la proportion d'aluminium augmente; mais, après recuit à 1 100° C, ces inégalités disparaissent et tous les cristaux tendent vers un même volume. Pour le fer pur ou pour les alliages contenant une faible proportion d'aluminium, la structure se compose ordinairement d'agrégats distincts de gros et petits cristaux; mais, dès que la teneur en aluminium atteint 0,40 pour 100, cette complexité disparaît: dans tous les autres alliages on constate la présence de cristaux plus ou moins réguliers.

La structure des alliages non contaminés ne donne aucune indication sur la présence d'impuretés; les taches visibles sont évidemment dues à un polissage imparfait. Dans les échantillons contaminés, la présence de graphite ne se manifeste que parmi ceux qui ont été soumis au martelage et contenant 0,16 pour 100 de carbone; après recuit à 1 100° C, plus rien ne révèle la présence de graphite et il est difficile de dire ce qu'il est advenu du carbone. D'après des recherches antérieures, le carbone en présence de 4,5 pour 100 d'aluminium serait complètement précipité à l'état de graphite, tandis que l'allure de certains échantillons conduisent l'auteur à penser que le carbone, ou s'est combiné avec le fer et l'aluminium, ou s'est précipité dans un état de division telle qu'il n'a pas pu être rendu visible avec l'agrandissement employé. B. C.

Jauges à vide du type radiométrique (1).

On sait qu'une jauge à vide basée sur le principe du bombardement moléculaire a été proposée par Knudsen en 1910. Des modifications ont été introduites par Woodrow (1914). Les nouvelles modifications de l'auteur ont permis de réaliser une jauge de construction simple capable de mesurer des pressions de l'ordre de 10^{-8} mm de mercure. Elle met également en œuvre le bombardement moléculaire : les molécules gazeuses issues d'une lame de platine, chauffée électriquement, bombardent une ailette suspendue au voisinage de la lame et parallèlement à elle et lui font subir une rotation d'où l'on déduit la valeur de la pression. L'auteur donne, pour le calcul de la pression, une formule dans laquelle il tient compte des collisions et de l'influence des bords dès que la pression dépasse 10^{-4} mm.

Pour des pressions supérieures à 0,05 mm de mercure et jusqu'à 1 ou 2 cm, la jauge constitue un détecteur extrêmement sensible permettant de déceler de faibles variations de pression mais non de fournir des mesures absolues.

A. B.

(1) R.-G. Sherwood. *Physical Review*, mars 1918, 2e série, t. XI, p. 241-242; 900 mots.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Ligne de transmission artificielle de la « Telluride Power Company », de Provo, Utah (États-Unis)

L'article décrit une ligne artificielle qui est l'image réduite d'une portion de 660 km du réseau de transmission de la Telluride Power Company. Il indique la valeur et la répartition des self-inductions et des capacités qu'il convient d'adopter pour reproduire exactement les constantes caractéristiques de la ligne réelle. Comme étude intéressante, il rappelle les essais de court-circuit et de mise à la terre entrepris par M. H. Gray pour expliquer cette anomalie des relais wattmétriques qui, sous certaines conditions de charge, fonctionnent à rebours du sens qu'il faudrait.

Il y a trois manières d'étudier par l'expérience les questions relatives aux lignes de transmission : on peut se servir ou de la ligne réelle, ou d'une ligne d'expériences, ou enfin d'une ligne artificielle. On entend par ligne d'expériences une courte longueur de ligne du même type de construction que la réelle ; par ligne artificielle, une ligne où les constantes de la transmission réelle sont obtenues au moyen d'inductances, de résistances et de condensateurs, concentrés à des intervalles rapprochés. L'emploi de la ligne réelle pour des expériences a des inconvénients, entre autres celui d'exposer à des dégâts coûteux. Une ligne d'expériences, si elle est utile pour l'observation des isolateurs, des pertes par effet couronne, etc., ne peut servir pour l'étude des ondes momentanées, de la chute de tension en ligne, ni pour aucune question exigeant une ligne longue. La ligne artificielle, qui n'a pas ces inconvénients, est le meilleur des trois systèmes ; son principal inconvénient est que, pour limiter l'énergie qu'on y dépense, il faut se borner à une basse tension. Voici les rapports qui existent entre les constantes d'une ligne réelle et celles d'une ligne artificielle employée pour la représenter :

TABLEAU I.

	KILOVOLTS	AMPÈRES	KILOWATTS
Ligne réelle.....	40	100	20 000
Ligne artificielle....	1	2,5	12,5

La ligne artificielle que nous décrirons ici, d'après un mémoire américain (1), a été construite, il y a six ans, par la Telluride Power Company, entreprise hydro-électrique qui exploitait alors environ 800 km de lignes de transmission à 44 000 v dans le nord de l'Utah. La figure 1 représente le schéma de cette transmission. La puissance électrogène totale était d'un peu moins de 24 000 kw et installée en grande partie aux deux bouts du réseau (11 000 kw à Grace et 7 200 kw à Olmsted.) La charge moyenne était d'environ 14 000 kw. La longueur totale des lignes dépassait un peu 800 km ; elles occupaient environ 550 km de route. De ces 800 km, environ 660 étaient représentés dans le système artificiel ; ce sont ces 660 km qui sont marqués en trait plein dans la figure 1, le reste du réseau étant en trait interrompu.

Mode de construction de la ligne. — Les caractères de la ligne de transmission à reproduire par la ligne artificielle sont :

Inductance et capacité réparties ;
Courants de perte ;
Relations électromagnétiques entre les phases ;
Relations électrostatiques entre les phases ;
Résistance des conducteurs de ligne.

(1) George H. GRAY. Design, construction and tests of an artificial power transmission line for the Telluride Power Company of Provo, Utah. *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, septembre 1916, t. XXXVI, p. 713-755, 19 fig., 9 tab.

Ainsi que M. Gray lui-même le fait observer, la construction de lignes artificielles de transmission avait été envisagée aux Etats-Unis dès 1910. D'après l'index bibliographique qui termine le mémoire de cet auteur, les principaux travaux publiés sur ce sujet sont de :

W.-S. ALDRICH et W.-G. REDFIELD. Performance of an artificial forty-mile transmission line. *Trans. A. I. E. E.*, 1901, t. XVIII, p. 339 ; J.-H. CUNNINGHAM. Design construction and test of an artificial transmission line. *Trans. A. I. E. E.*, 1911, t. XXX, p. 245 ; J.-H. CUNNINGHAM et C.-M. DAVIS. Propagation of impulses over a transmission line. *Trans. A. I. E. E.*, 1912, t. XXXI, p. 887 ; A.-E. KENNELLY et B. TABOSSI. Artificial power transmission line. *Electrical World*, 17 février 1912, t. LIX, p. 359 ; A.-E. KENNELLY et F.-W. LIEBERKNECHT. Measurements of voltage and current over a long artificial power transmission line at 25 and 60 cycles per second. *Trans. A. I. E. E.*, 1912, t. XXXI, p. 1131.

Digitized by Google

Inductance et capacité réparties. — Pour reproduire dans les limites d'une salle ordinaire la grande inductance et la grande capacité d'une ligne de transmission, le mieux est d'employer des bobines de fil et des condensateurs plans. Il n'y a pas ainsi répartition véritable de l'inductance et de la capacité, mais on peut arriver à se rapprocher beaucoup des conditions réelles, en diminuant les intervalles entre condensateurs. Par exemple, si l'espacement est tel qu'il y ait dix condensateurs par longueur d'onde, la plupart des phénomènes

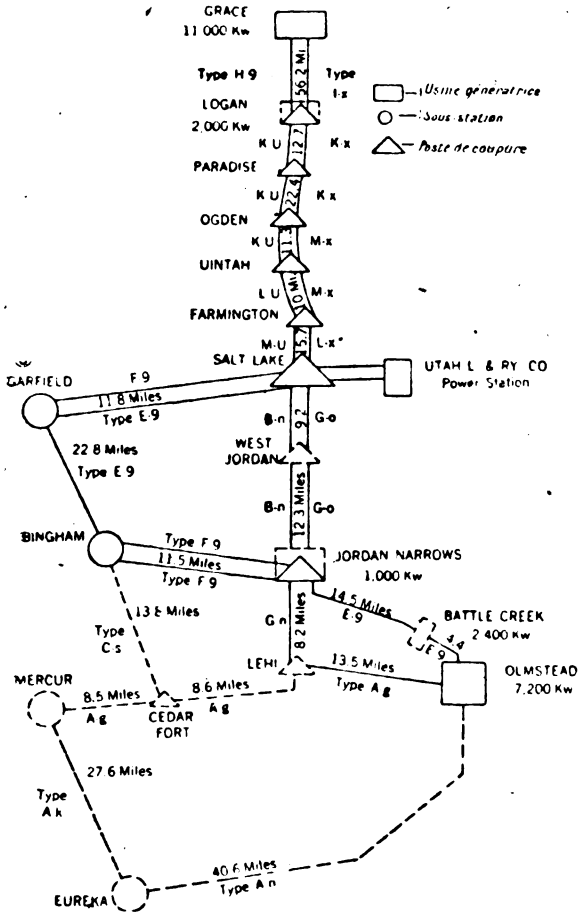


Fig. 1. — Réseau de la Telluride Power Company. La partie en trait plein, de 660 km de longueur, correspond à la ligne artificielle.

seront reproduits avec une exactitude supérieure à 1 pour 100. Comme une ligne de transmission à 60 p : sec a une longueur d'onde d'environ 5 000 km, un intervalle de 500 km entre condensateurs est admissible. Même pour le neuvième harmonique, l'intervalle pourrait aller jusqu'à 53 km sans erreur sérieuse. Comme cette ligne artificielle était composée d'unités, dont chacune représentait seulement 16 km environ de la ligne de transmission, les erreurs dues à la concentration des capacités peuvent être considérées comme négligeables.

Chaque unité se composait de trois bobines d'inductance sans fer, à circuits magnétiques interconnectés, pour représenter les effets inductifs, et de condensateurs reliés entre ces bobines, et aussi entre chaque bobine et le sol, pour représenter les effets de capacité. En outre, un fil résistant était mis en série avec chaque bobine pour représenter la résistance de la ligne.

Courants de perte. — La résistance entre chaque conducteur de ligne et le sol, sur le réseau réel, a été mesurée et trouvée de l'ordre de 186 mégohms par kilomètre (300 mégohms par mile) dans les conditions moyennes. Sur un réseau à 40 kv, long de 800 km, ayant une pointe de charge de 14 000 kw et un courant par conducteur de 250 A, cela représente un courant de perte total de 0,038 A seulement par conducteur et une puissance dissipée totale de 3 kw seulement environ. Ce sont des quantités négligeables et on n'a pas cherché à les reproduire sur le réseau artificiel. La résistance des condensateurs entre ligne et terre était d'environ 300 mégohms par unité de dix miles (16,1 km), à froid.

Relations électromagnétiques entre phases. — Quand les trois conducteurs d'une ligne triphasée sont disposés aux trois sommets d'un triangle équilatéral et quand les courants des trois phases sont équilibrés, la somme des intensités dans deux fils quelconques est égale et de signe contraire à l'intensité dans le troisième. Donc le seul flux qui agisse pour produire l'inductance d'un fil est le flux dû au courant dans ce fil et qui passe entre lui et les deux autres fils. Ce flux, en unités absolues, est

$$2Il\left(\log_e\frac{d}{r}-\frac{1}{4}\right),$$

où, l est la longueur du fil en centimètres;
d, la distance entre conducteurs;
r, le rayon du conducteur;
I, l'intensité en unités absolues.

La pratique habituelle dans les calculs de ligne est de considérer ce flux magnétique comme produisant la self-inductance du fil, en éliminant ainsi des calculs l'inductance mutuelle entre fils ou phases; dans ce cas la self-inductance de chaque fil, par rapport au neutre, est

$$L=2l\left(\log_e\frac{d}{r}-\frac{1}{4}\right).$$

Si le réseau était toujours équilibré, il y aurait avantage à représenter les trois fils de ligne, dans le réseau artificiel, par trois bobines séparées, ayant chacune une self-inductance déterminée d'après cette formule et disposées de façon à n'avoir pas d'influence les unes sur les autres. Mais une telle ligne ne pourrait pas représenter les conditions de déséquilibre. Par exemple, si le réseau artificiel fonctionnait avec neutres mis à la terre et si un violent court-circuit se produisait entre un fil et le neutre, il n'aurait pas d'effet sur la tension qui existe entre les autres fils et le neutre, tandis que sur le réseau réel, en raison de l'inductance mutuelle entre conducteurs, cette tension serait affectée.

Digitized by Google

On a donc cherché à réaliser des bobines ayant l'inductance voulue pour représenter la self-inductance des fils et à disposer ces bobines de façon à obtenir entre elles l'inductance mutuelle voulue. Il fallait pour cela déterminer la répartition réelle de la self-induction et de l'inductance mutuelle.

On crut d'abord devoir employer dans ce but la formule qui donne la self-inductance d'un conducteur rectiligne unique. Cette formule est

$$L_s = 2l\left(\log_e \frac{2l}{r} - 1\right) \qquad (3)$$

La formule correspondante pour l'inductance mutuelle est

$$L_m = 2l\left(\log_e \frac{2l}{d} - 1\right), \qquad (4)$$

où l, d et r ont même signification que dans la formule (3). Cependant, pour établir la formule (4), on considère tout le flux dû au fil 1, entre la distance d et l'infini, comme agissant pour produire l'inductance mutuelle, tandis que sur la ligne réelle, dans un cas comme celui qu'on a cité plus haut (fil mis à la terre), ce serait seulement le flux compris entre la distance d et le trajet de retour du courant dans le sol qui agirait. Une autre objection à la méthode, c'est qu'il aurait fallu une quantité considérable de cuivre pour obtenir la grande self-induction à réaliser. Comme les effets d'inductance mutuelle ne devaient jouer qu'un faible rôle dans le fonctionnement de la ligne, on ne crut pas devoir engager ce supplément de frais.

On décida donc d'évaluer au mieux la distance du fil de ligne au trajet de retour du courant à travers le sol. Aucun calcul exact n'est possible, la résistance des différentes couches du sol étant inconnue et variable. On a choisi pour valeur de cette distance, 15,25 m (50 pieds) et tous les calculs de self-inductance et d'inductance mutuelle ont été faits dans l'hypothèse que les trois fils ont un retour commun, éloigné d'eux de 15,25 m.

La self-inductance de chaque fil a donc été calculée par la formule

$$L_s = 2l\left(\log_e \frac{1\,525}{r} + \frac{1}{4}\right),$$

et l'inductance mutuelle par la formule

$$L_m = 2l\left(\log_e \frac{1\,525}{d}\right).$$

Les valeurs données par ces trois méthodes pour des sections d'une longueur de 16,1 km (10 miles), longueur moyenne des sections employées, formées d'un fil de cuivre plein de 9,26 mm de diamètre (n° 2), les trois fils étant placés aux sommets d'un triangle équilatéral de 274 cm de côté (9 pieds) sont indiquées dans la table suivante :

Tableau II.

	Inductance d'une longueur de 10 miles (en 10^{-2} henrys)		
	L_s	L_m	$L_s - L_m$
En négligeant l'inductance mutuelle	2,25	0,00	2,25
Retour du courant à l'infini	4,95	2,70	2,25
Retour à 1 525 cm des fils	2,80	0,55	2,25

Pour un courant équilibré, l'inductance résultante est donc la même, quelle que soit la méthode employée, mais les autres valeurs varient largement avec la méthode. La première et la seconde peuvent être considérées comme fixant les limites inférieure et supérieure, respectivement, de la self-induction et de l'inductance mutuelle. Les valeurs vraies sont intermédiaires et probablement peu éloignées de celles que donne la troisième méthode

Si l'on exprime ces formules en unités pratiques (en admettant le retour du courant à 1 525 cm des fils), on obtient (pour l'inductance de chaque fil par rapport au neutre

$$L_s = 0{,}2\times10^{-3}\left(2{,}303\log_{10}\frac{1\,525}{r} + 0{,}25\right) \text{henrys par km},$$

et

$$L_m = 0{,}46\times10^{-3}\log_{10}\frac{1\,525}{r} \text{ henrys par km}.$$

On a calculé, d'après ces formules, la self-induction et l'inductance mutuelle pour chaque type différent de construction de la ligne.

Les bobines constituant la ligne artificielle ont un diamètre moyen d'environ 15 cm et sont formées de fil de cuivre de 1,15 mm de diamètre (n° 17 de la jauge américaine). Le nombre des spires varie de 360 à 435. Un moyen supplémentaire d'ajuster l'inductance consistait à munir chaque bobine de plusieurs sorties. Les trois bobines représentant une section sont montées dans un cadre en bois ; la self-inductance correcte s'obtient au moyen des sorties multiples ; l'inductance mutuelle correcte s'obtient en déplaçant les bobines dans les logements formés par le cadre.

Les essais ont montré que les bobines pouvaient supporter un courant permanent de 2,2 A avec un échauffement de 40°, et 3,5 A pendant 15 minutes sans échauffement dangereux. Ce courant de 3,5 A, à 1 000 V, correspond à un courant de 154 A sur le réseau à 44 kv, intensité qui ne fut jamais dépassée.

Digitized by Google

Relations électrostatiques entre les phases. — On a relié entre les conducteurs, et entre chaque conducteur et le sol, des condensateurs plans convenablement proportionnés, suivant le schéma de la figure 2. Le calcul des capacités de ces condensateurs s'est fait comme suit :

La terre pouvant être considérée comme un plan équipotentiel indéfini, la ligne de transmission réelle (comprenant la surface du sol et les fils de ligne et de terre) est la reproduction exacte de la moitié supérieure de la distribution électrique qui existerait entre les conducteurs réels, avec leurs charges, et les images de ces charges par rapport à la surface du sol. Si donc on remplace le plan équipotentiel par les images des conducteurs et de leurs charges, on trouve que le potentiel d'un fil quelconque, le n° 1 par exemple, par rapport au potentiel du sol, est

$$V_1 = 2q_1 \log_e \frac{D_1}{r_1} + 2q_2 \log_e \frac{D_2}{d_2} + 2q_3 \log_e \frac{D_3}{d_3} + \ldots,$$

formule qui renferme un terme pour chaque fil ; q_1', q_2', q_3, etc. représentent les quantités d'électricité par unité de longueur dont sont chargés les différents conducteurs ; r_1 est le rayon du fil n° 1 ; D_1, D_2, D_3, etc. sont les distances du conducteur n° 1 ; aux images et d_2, d_3, etc. sont les distances du conducteur n° 1 aux autres conducteurs. L'auteur établit cette formule dans un appendice.)

En écrivant autant de ces équations qu'il y a d'inconnues q et en résolvant par rapport à ces inconnues, la charge d'électricité q sur un conducteur quelconque, ainsi que sa phase, peuvent finalement s'exprimer en fonction des potentiels des conducteurs.

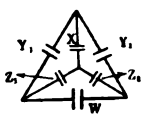


Fig. 2. — Schéma de la disposition des condensateurs sur la ligne artificielle.

Soient x, y, z, w les valeurs des capacités, branchées comme le représente la figure 2 ; additionnons vectoriellement les courants de déplacement CV à travers les trois condensateurs reliés à un même fil, et égalons cette somme à la quantité q_1 ou q_2 trouvée déjà par le calcul pour ce fil. Nous obtiendrons facilement par ces équations les valeurs x, y, z, et w. Ces valeurs des capacités ont été calculées pour chaque différent type de construction de la ligne.

Voici un spécimen des résultats des calculs. Ce sont les valeurs en 10^{-8} coulombs, des charges électriques portées par un kilomètre de chaque conducteur, dans l'hypothèse que les tensions par rapport au sol sont $A \sin \alpha$, $A \sin (\alpha - 120^\circ)$, $A \sin (\alpha - 240^\circ)$ pour les trois conducteurs.

Gauche.....	0,83	$A \sin (\alpha + 0^\circ,55)$
Centre.....	0,816	$A \sin (\alpha - 120^\circ)$
Droite.....	0,83	$A \sin (\alpha - 240^\circ,55)$.

Puisque le potentiel du conducteur de gauche par rapport au sol est $A \sin \alpha$ et celui du conducteur central $A \sin (\alpha - 120^\circ)$, on voit que les capacités de ces conducteurs sont 0,83 et 0,816 $\times 10^{-8}$ farad par kilomètre. La formule ordinaire,

$$C = \frac{l}{2 \log_e \frac{d}{r}},$$

donne pour la capacité, 0,825 $\times 10^{-8}$ farad par kilomètre, valeur intermédiaire entre celles qu'on vient de donner (0,83 et 0,816) et presque égale à la moyenne des capacités des trois conducteurs.

Cette disposition reproduit très exactement les conditions réelles, comme on s'en rend compte en considérant plusieurs cas extrêmes. Par exemple, si les deux conducteurs latéraux sont mis au sol, la capacité du conducteur central par rapport à la terre est 0,692 $\times 10^{-8}$ farad. Dans la ligne artificielle, elle est 0,692 $\times 10^{-8}$ farad. Si les trois conducteurs sont reliés ensemble, leur capacité par rapport à la terre est 1,27 $\times 10^{-8}$ farad. Dans la ligne artificielle, c'est 1,267 $\times 10^{-8}$ farad.

Les condensateurs sont formés de feuilles de plomb, séparées par trois épaisseurs de papier à lettre ordinaire. Chacun d'eux est éprouvé à 2 000 v. Ils fonctionnent d'une façon permanente à 1 000 v et 60 p : sec sans échauffement dangereux.

Résistance des conducteurs de ligne. — La résistance des bobines d'inductance est d'environ 3 ohms, ou 1,86 ohm environ par kilomètre. On a mis en série avec elles des résistances d'une valeur telle que la résistance totale de la bobine et de la résistance extérieure, parcourues par le courant normal, fût égale à la résistance de la section correspondante de la ligne à la température de 20° C. Les résistances extérieures sont en fil de « nichrome » et bobinées en boudins.

Les condensateurs sont branchés entre la résistance et l'inductance de chaque unité.

Transformateurs et alternateurs. — La ligne artificielle est alimentée à 1 000 v environ par la canalisation du laboratoire, qui représente donc les alternateurs et qui fournit du courant triphasé à 230 v et 60 p : sec, avec intercalation de deux batteries de transformateurs élévateurs, installées l'une à l'usine Grace et l'autre à l'usine Olmsted de la ligne artificielle. Aux trois sous-stations sont installés des transformateurs abaisseurs.

Charge. — On réalisait la charge nécessaire au moyen des moteurs de l'atelier et de quelques lampes au carbone. On pouvait reproduire ainsi la charge et le facteur de puissance observés à chaque sous-station.

Tableau de distribution. — La manœuvre du réseau artificiel se faisait au moyen d'un tableau auquel aboutissent les sorties à haute tension des transformateurs et les extrémités des sections de la ligne de transmission. Les neutres de tous les condensateurs sont

Digitized by Google

reliés ensemble et servent de terre au réseau. On réalise les courts-circuits au moyen d'un interrupteur tripolaire relié à trois bouts de fil ; en branchant deux ou trois de ces fils en un point quelconque de la ligne, on peut, en fermant l'interrupteur, produire un court-circuit monophasé ou triphasé en ce point. On étudie les mises à la terre au moyen de trois arcs au carbone, qui ont chacun un de leurs charbons relié à la terre (c'est-à-dire aux neutres des condensateurs), l'autre pouvant être relié à un fil quelconque en un point quelconque. On pouvait produire ainsi une terre franche ou une terre par arc.

Essais effectués sur la ligne artificielle. — Ces essais ont consisté à déterminer en grandeur et en phase les courants et les tensions en plusieurs points de la ligne, en différents cas de court-circuit et de contact à la terre, dans l'espoir de découvrir ainsi une méthode de montage des relais wattmétriques telle que leur indication fût toujours dirigée vers l'endroit du défaut. On constate en effet souvent en pratique que, dans certaines conditions de charge, les relais wattmétriques (montés suivant la méthode des deux wattmètres) sont influencés au rebours du sens qu'il faudrait, de sorte qu'ils coupent une section de ligne saine, au lieu de la mauvaise. Cela tient à ce que le sens de la puissance positive, au lieu d'être toujours dirigé *vers* le court-circuit, peut, dans le cas d'un court-circuit monophasé, être dirigé du côté opposé, si l'énergie qui alimente la charge par les deux autres phases est plus grande que celle qui alimente le court-circuit.

Pour simplifier cette recherche, à laquelle se prêtait admirablement la ligne artificielle, on n'employa qu'une partie de cette ligne, montée comme l'indique la figure 3. La puissance était fournie par les transformateurs de Grace et on employait les deux lignes entre Grace et Salt Lake, mises en parallèle aux deux extrémités. La charge (lampes à incandescence et moteurs tournant à vide), se trouvait à Salt Lake. Quand on employait les transformateurs de Bingham et de Garfield, les pertes en ligne entre Salt Lake et ces deux stations étaient considérées comme faisant partie de la charge. La terre ou le court-circuit, représenté par une croix sur la figure 3, était mis sur la East Line à Farmington.

On appelle ici *terre* l'ensemble des points milieux des condensateurs, reliés tous ensemble, et *neutre* le centre de l'étoile formée par les transformateurs. On désigne les stations par leur distance, en miles, du bout générateur de la ligne. Ainsi Grace, station génératrice, est appelée station 0, Farmington, qui est à 113 miles de Grace, est appelée station 113, etc. Cela précise la signification des grandeurs relatives des vecteurs de tension et de courant aux différents points.

Les relations de phases entre courants et tensions à une tension donnée étaient déterminées en un certain nombre de points pour six conditions différentes de la ligne, savoir : état normal, court-circuit entre les trois fils, court-circuit entre deux fils, terre sur un fil avec le neutre des transformateurs non mis au sol, terre sur un fil avec le neutre mis au sol, et terres sur deux fils avec le neutre mis au sol. On prenait des oscillographies des trois courants et des trois tensions par rapport au sol (le point milieu des condensateurs) à telle ou telle station. Par des mesures sur ces oscillographies, on déterminait la grandeur et la phase des courants et des tensions à cette station. Le vecteur représentant la tension entre le fil A et le sol à la station 0 était pris alors comme vecteur de référence. En prenant de nouvelles oscillographies représentant cette tension et l'un des courants ou l'une des tensions à une autre station du réseau, on obtenait le déphasage d'un courant ou d'une tension quelconque par rapport à la tension de référence. Les mesures ont porté dans la plupart des cas sur

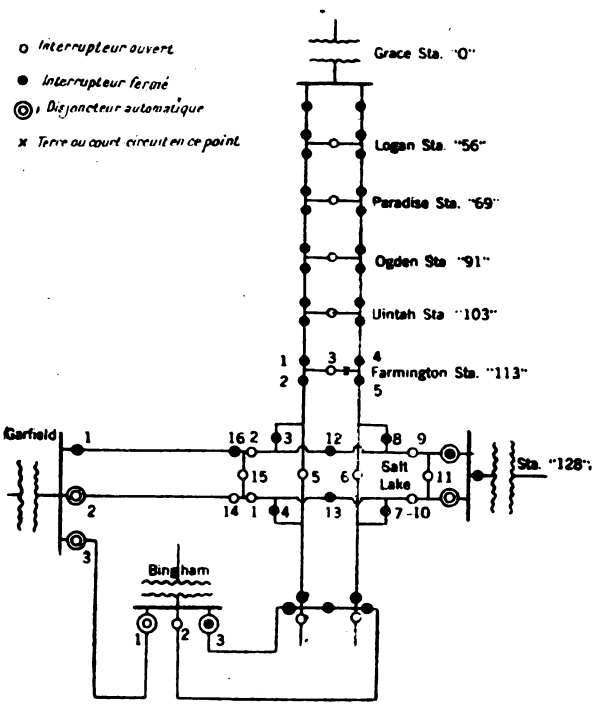


Fig. 3. — Partie de la ligne artificielle utilisée pour l'essai des relais wattmétriques dans le cas de courts-circuits et de terres.

la seconde période après l'instant du court-circuit ou de la terre.

Les figures 4, 5 et 7 ont été tracées d'après des mesures faites sur les oscillographies. Elles indiquent les grandeurs et les relations de phase des courants et des tensions aux deux extrémités de la ligne et en plusieurs points intermédiaires.

Le sens de rotation des vecteurs est pris contraire à celui des aiguilles d'une montre, c'est-à-dire que l'ordre de succession des phases est A, B, C. Les lignes allant de G aux sommets des triangles représentent, en grandeur et en phase, les maxima de tension entre chaque fil et le sol ; les côtés des triangles représentent par conséquent les tensions entre fils. Les courants maxima dans les fils A, B, C, sont représentés par les vecteurs marqués I_A, I_B, I_C. A la station 113 (ligne de l'Est) deux

Digitized by Google

diagrammes sont figurés, chacun d'eux ayant trait aux phénomènes qui se produisent de chaque côté de la terre ou du court-circuit. Les diagrammes marqués « Alternateur » ont été obtenus en ajoutant vectoriellement les courants circulant dans les deux lignes, car on n'a pas pris d'oscillographies en ce point (à la sortie de l'alternateur). Dans la figure 7, on a tracé des lignes en trait interrompu allant des sommets des triangles à un point marqué O. Ces lignes sont les médianes des triangles, et représentent les tensions qui seraient appliquées à trois impédances égales montées en étoile entre les fils, sans quatrième fil pour le centre de cette étoile, comme par exemple les trois bobines à fil fin de trois wattmètres ou relais montés en étoile.

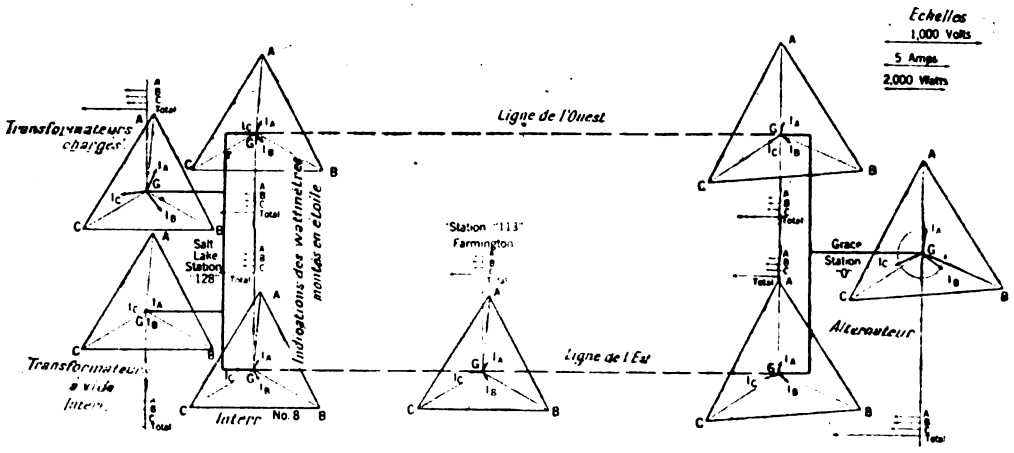


Fig. 4. — Condition normale.

Pour les figures 4 et 5 (condition normale et court-circuit entre deux fils), ces médianes coïncident avec les vecteurs représentant les tensions par rapport au sol, puisque celles-ci sont des tensions appliquées à trois impédances égales montées en étoile.

Dans tous les essais, les tensions par rapport à la terre ont été obtenues au moyen des oscillographies, et les tensions représentées par les médianes des triangles ont servi à calculer les indications des wattmètres.

Les quatre lignes droites que l'on voit à chaque station entre les diagrammes relatifs aux lignes de l'Est et de l'Ouest représentent (à l'échelle) les indications qui seraient données par trois wattmètres montés en étoile en ce point, et la somme des trois indications. On les a

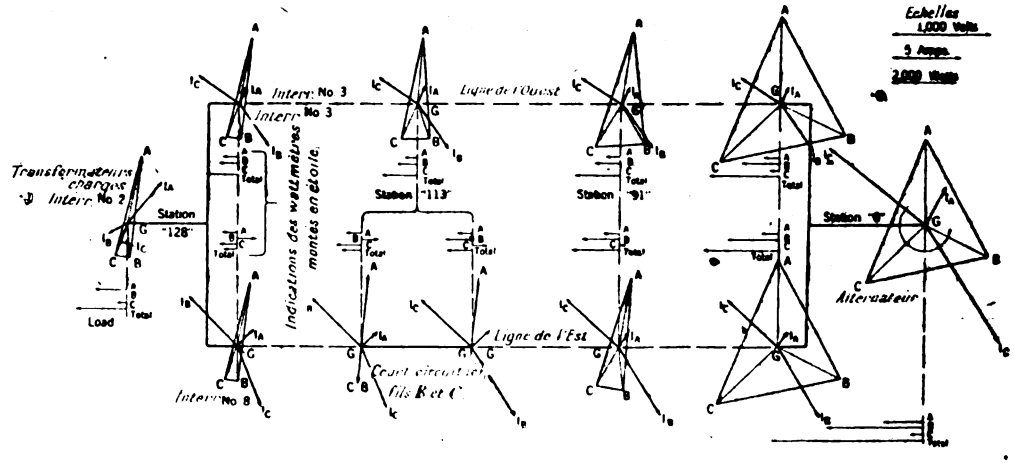


Fig. 5. — Court-circuit entre deux fils.

obtenues en multipliant chaque tension étoilée (médianes des triangles) par la composante active du courant qui lui correspond.

La figure 4 se rapporte aux conditions normales de fonctionnement. Les phases sont ici légèrement déséquilibrées à cause du déséquilibrage de la charge qui était reliée à la canalisation du laboratoire. On remarque dans ces diagrammes une augmentation de retard du courant quand on se déplace de l'alternateur vers la charge. Cela est dû au fait que le courant réactif de la charge est en partie neutralisé, près de l'alternateur, par le courant de capacité déphasé en avant de la tension.

La figure 5 se rapporte au cas d'un court-circuit entre

Digitized by Google

deux fils; les mesures, dans ce cas, ont été faites sur la dixième ou douzième période après l'établissement du court-circuit. Les courants et les tensions sont naturellement très déséquilibrés. Les trois courants sont supérieurs à la normale, le courant dans le fil sain, c'est-à-dire le fil A, augmentant par le fait que la charge de force motrice absorbe plus de courant quand le triangle des tensions est déséquilibré. La puissance fournie à la charge a environ 75 pour 100 de sa valeur normale. La puissance débitée par l'alternateur et d'environ 70 pour 100 supérieure à la normale, est d'environ 25 pour 100 inférieure à la valeur qu'elle atteint dans le cas d'un court-circuit entre les trois fils.

Les indications des wattmètres sont intéressantes. On voit que le wattmètre A indique dans tous les cas une puissance dirigée vers la charge. Le wattmètre B indique en tous les points une puissance dirigée *vers* le court-circuit. Le wattmètre C indique une puissance *s'éloignant* du court-circuit, sauf aux stations qui en sont à quelque distance. Le wattmètre B est donc le seul sur lequel on puisse compter pour indiquer la direction du court-circuit. On remarque que la flèche représentant la puissance totale est dirigée vers la charge à toutes les stations. Ceci signifie que des relais montés selon la méthode des deux wattmètres ne peuvent fonctionner convenablement, sauf sur un réseau où la charge est faible en comparaison de la puissance qui se dissipe dans un court-circuit,

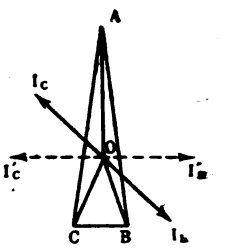


Fig. 6. — Diagramme vectoriel rendant compte des indications anormales des wattmètres.

La déviation en arrière du wattmètre C s'explique ainsi (fig. 6). Le triangle représente les tensions entre fils en un point quelconque voisin du court-circuit et I_B et I_C représentent les courants dans les fils B et C. La rotation des phases est supposée se faire dans l'ordre A, B, C, et le court-circuit est entre les fils B et C. Avec une ligne non inductive et en l'absence de toute charge, le courant de court-circuit serait en phase avec BC, donc aurait la direction I'_B, I'_C. Mais puisque la réactance d'une ligne dépasse généralement sa résistance, le vecteur du courant retardera d'un angle considérable et prendra une position telle que I_B, I_C. Ceci fait que la tension E_{CO} et le courant I_C se trouvent déphasés de plus de 90°, et

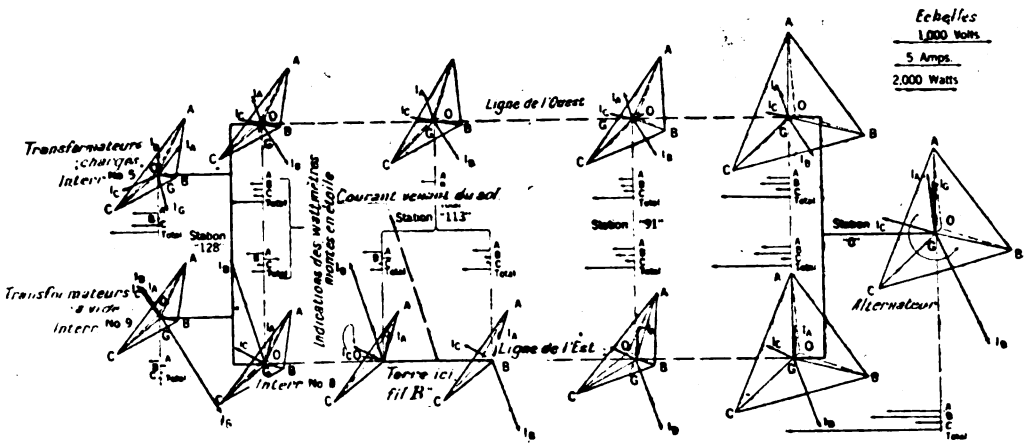


Fig. 7. — Un fil en contact avec la terre. Le point neutre des transformateurs relié à la terre.

donne au wattmètre C une déviation à l'envers. On peut voir que si le sens de rotation des phases était inversé, c'est le wattmètre B qui dévierait à l'envers.

La figure 7 se rapporte au cas suivant : un fil mis à terre; les points neutres des trois batteries de transformateurs ayant été reliés à la terre, on a fait une terre sur le réseau à l'endroit ordinaire (sur la ligne de l'Est, à la station 113). Le triangle des tensions devient naturellement très déséquilibré. Les wattmètres donnent des indications assez inattendues, le wattmètre B étant le seul qui indique, en tous les points, la direction de la terre. Les vecteurs marqués I_G représentent les courants qui pénètrent dans le réseau par les points neutres reliés au sol. La différence entre les valeurs de ce courant pour les transformateurs chargés et les transformateurs à vide est due à la grande impédance de ligne qui sépare les transformateurs chargés des barres omnibus de Salt Lake.

Les courants dans les trois fils allant aux « transformateurs à vide » sont presque égaux et en phase. Ceci résulte du montage en triangle-étoile et peut s'expliquer comme suit : les tensions par rapport à la terre des fils A et C sont voisines de la normale, ce qui tend à maintenir à sa valeur la tension du transformateur B sur le côté à basse tension (triangle). Ceci induit une force électromotrice du côté à haute tension de ce transformateur et envoie un courant dans le conducteur mis à la terre. Comme le seul courant qui puisse passer dans l'enroulement à basse tension doit circuler autour du triangle, les trois courants de ligne doivent être à peu près égaux et en phase. Pour cette raison, le courant aura une valeur anormale dans les trois fils quand un

Digitized by Google

seul d'entre eux sera mis à la terre, et plus la terre sera rapprochée d'une batterie de transformateurs-récepteurs, plus le courant sera intense dans cette batterie. Donc une batterie de petits transformateurs-récepteurs montés en triangle-étoile est exposée à des dégâts sérieux si son neutre est mis à la terre.

Le vecteur unique qui est représenté à Farmington (station 113) entre les deux diagrammes représente le courant qui pénètre dans le réseau au point où le fil est en contact avec la terre. Il est égal à la somme des courants (circulant en sens contraires) qui existent dans le fil B en ce point.

L'article est accompagné de nombreuses oscillographies et suivi d'appendices où l'auteur établit les formules employées pour le calcul de la capacité des lignes.

P. L.

Revues, analyses et informations

La crise du cuivre en Allemagne.

Le cuivre n'est plus employé en Allemagne que pour des raisons impérieuses, intéressant les besoins de l'armée; on le remplace par deux métaux moins rares : le fer et le zinc. Malgré les difficultés multiples que présente cette substitution, les « Annalen für Gewerbe und Bauwesen » déclarent — nos lecteurs ne s'y laisseront pas prendre — que la technique et l'énergie allemandes sont parvenues à construire des machines et à faire des installations complètes sans cuivre. Bien plus, malgré la crise aiguë du cuivre, les réseaux de distribution de l'énergie électrique se seraient étendus et auraient permis de libérer une main-d'œuvre précieuse.

Les conducteurs en fer. — Pour les canalisations à l'air libre, on emploie des fils ou câbles nus du commerce. Les résultats acquis peuvent se résumer de la manière suivante :

1° Il est recommandé d'employer des câbles pour des sections supérieures à 6 mm, parce que le fil est trop peu flexible à partir de ce diamètre.

2° Avant d'être posés sur le sol, le fil et le câble doivent être déroulés au moyen d'une installation appropriée, réalisant un certain laminage. Cette condition est nécessaire si l'on veut éviter la formation de faux plis, de brisures et de jarrets dans les canalisations.

3° Afin de ne pas provoquer la formation de rouille aux isolateurs, il y a lieu d'empêcher soigneusement que la galvanisation du fil de la canalisation et du fil de la ligature ne soit endommagée.

4° On emploiera pour les ligatures et les dérivations des conducteurs, des pièces d'épaisseur convenable; il en existe dans le commerce. Les joints soudés sont admis par les prescriptions de l'Union électrotechnique, mais ils doivent être exécutés avec le plus grand soin. Il est recommandé de les laver à l'eau de chaux, de les sécher ensuite complètement et de les goudronner afin de les préserver de l'attaque de la rouille.

5° Comme dans les installations à haute tension les conducteurs en fer peuvent brûler plus facilement que ceux en cuivre, par suite de la rupture de l'arc, il est bon de munir tous les mâts de pointes de paratonnerre;

6° La constitution des boîtes de jonction entre les connexions en fer et celles en cuivre est également importante à cause des phénomènes électrolytiques qui peuvent se produire. Les points de contact doivent être absolument soustraits à l'action de l'humidité. Pour atteindre ce but, il n'est pas suffisant d'entourer les conducteurs de la bande isolante habituelle; il faut utiliser une douille hermétiquement close, par exemple en fonte malléable, à l'endroit de la jonction.

7° Comme les conducteurs en fer sont posés avec une tension élastique plus forte que celle des conducteurs en cuivre, il convient de calculer plus largement toute l'installation (mâts, traverses, supports d'isolateurs et isolateurs).

Cout comparatif des installations en fer et en cuivre. — Bien que la question du coût ne joue pas un rôle bien prépondérant dans les circonstances actuelles, parce que l'Allemagne doit, à tout prix, exclure l'emploi des conducteurs en cuivre et les remplacer par ceux en fer, en zinc ou en alliage de ces deux métaux, il n'est pas sans intérêt de comparer leurs frais d'établissement. Il pourrait, d'ailleurs, se faire que, plus tard, les canalisations en fer deviennent, dans certains cas, plus économiques que celles en cuivre.

Par suite de la grande variété des cas qui se présentent, il est impossible d'exprimer d'une manière absolument générale, dans quelles conditions une installation en fer est plus onéreuse ou plus économique qu'une installation en cuivre.

Nous nous bornerons à comparer le coût de quelques cas particuliers, d'où nous pourrons néanmoins tirer des conclusions générales.

COÛT D'UNE CANALISATION AÉRIENNE DE 50 M DE LONG POUR COURANT CONTINU (7 KW)

Conducteurs en cuivre : 2 fils.

105 m de fil de 10 mm² de section, à 9,5 kg les 100 m et à 400 marks les 100 kg	38 marks
6 isolateurs avec support à 1,25 pièce	8
1 mât en bois de 9 m de long	25
Petit matériel	8
Mise en place du mât y compris les terrassements.	13
Pose de la canalisation à 0,40 mark le m	42
TOTAL	128 marks.

Conducteurs en fer : 2 câbles.

105 m de câble en fer de 70 mm² de section, à 61 kg les 100 m et 71 marks les 100 kg	43 marks
6 isolateurs comme ci-dessus	8
1 mât comme ci-dessus	25
Petit matériel	2
Mise en place du mât y compris les terrassements.	13
Pose de la canalisation à 0,60 mark le m	63
TOTAL	154 marks.

La canalisation en fer coûte donc 20 pour 100 de plus environ que celle en cuivre, bien que, par suite de la

Digitized by Google

guerre, le cuivre ait atteint et dépassé le prix de 400 marks les 100 kg.

L'emploi du fer devient encore plus onéreux quand, par suite de la longueur de la canalisation, par exemple, sa section doit être subdivisée en un plus grand nombre de câbles. L'exemple suivant, relatif à une canalisation d'une longueur de 100 m, exige une section de fer de 140 mm² constituée par deux câbles d'une section de 70 mm² chacun. Le nombre des isolateurs augmente aussi de ce chef et les frais de premier établissement suivent la même voie.

COÛT D'UNE CANALISATION AÉRIENNE DE 100 M DE LONGUEUR (POUR 7 KW)

Canalisations en cuivre : 2 fils.

210 m de fil de cuivre, de 16 mm² de section, 30,3 kg à 400 marks les 100 kg	121 marks
8 isolateurs avec supports, à 1,25 pièce	10
2 mâts en bois de 9 m de long	50
Petit matériel	4
Mise en place des deux mâts y compris les terrassements	26
Pose de la canalisation à 0,40 mark le m	84
TOTAL	295 marks.

Canalisations en fer : 4 câbles.

420 m de câble en fer, de 70 mm² de section, soit 245 kg à 71 marks les 100 kg	174 marks
16 isolateurs avec supports, à 1,25 pièce	20
2 mâts en bois de 10 m de longueur	60
Petit matériel	8
Mise en place des deux mâts y compris les terrassements	26
Pose de la canalisation à 0,60 mark le m	252
TOTAL	540 marks.

Pour une canalisation aérienne à 1 500 v (courant alternatif), en supposant qu'une section de 16 mm² en cuivre exige une section correspondante en fer de 120 mm², le kilomètre de ligne en cuivre coûterait 2 750 marks et celle en fer 4 200 marks en supposant l'emploi de mâts en bois, de 3 mâts d'angle par kilomètre, en forme de chevalets, ainsi que d'un mât d'ancrage métallique.

Dans certains cas particuliers, toutefois, une canalisation en fer pourrait entraîner une dépense moindre, par exemple pour des dérivations courtes et peu chargées. Celles-ci n'exigent souvent qu'une faible section que l'on porte néanmoins, pour des raisons de sécurité, à 16 mm², ce qui conduit à un prix d'établissement de 2 750 marks. Si, dans ce cas, une section en fer de 25 mm² suffit, le coût ne se monte qu'à 2 500 marks. C'est à cause de cette différence de prix de revient que, même avant la guerre, certains établissements (en Suisse, notamment) utilisaient déjà des canalisations de fer dans des cas analogues.

LES CONDUCTEURS EN ZINC. — Le cuivre a été aussi remplacé par le zinc. Le zinc ordinaire du commerce peut convenir à cette fin; il contient environ 1 à 1,2 pour 100 de plomb, un peu de fer et de cadmium, ainsi que des traces de soufre et d'antimoine. Le zinc du commerce s'achète sous forme de grosses plaques et présente une structure grossièrement cristalline. L'industrie du zinc s'est peu préoccupée, jusque maintenant, de savoir si l'addition de certains métaux, comme le cuivre ou l'antimoine, n'améliorerait pas sensiblement le zinc destiné aux constructions électriques, ce qui ne paraît pas du tout être impossible.

Par l'enrichissement, le zinc acquiert la propriété qui convient le mieux à sa destination de conducteur électrique, notamment une grande flexibilité. Un bon produit peut se plier à angle droit, 20 fois et plus sans se casser. La conductivité du fil de zinc est de 16 à 17 ohm : mm², soit 29 à 30 pour 100 de celle du cuivre. Mais la question est de savoir si la structure à grains fins du zinc et, par conséquent, sa résistance à la rupture par traction se maintiendrait pendant longtemps ou si la canalisation établie avec ce métal devra être renouvelée après un court laps de temps. Il serait difficile d'émettre un avis à ce sujet; l'expérience acquise ne date guère que d'une à deux années et il est probable que le zinc se comportera bien pendant une plus longue durée.

Deux points sont établis : le zinc ne résiste pas à une température supérieure à 130° et il résiste mal aux efforts de traction (phénomènes de recristallisation) : le zinc reprend alors la texture grossièrement cristalline du zinc du commerce.

INDICATIONS POUR L'ÉTABLISSEMENT DES CONDUCTEURS EN ZINC. — 1° Il y a lieu d'éviter la flexion trop énergique du fil au moyen d'outils à angle aigu; 2° les canalisations aériennes sont peu résistantes; 3° pour éviter l'échauffement des conducteurs en zinc, pendant leur pose, comme en service, toutes les liaisons doivent être réalisées au moyen de bornes. Si, par exemple, un câble doit être soudé, on chauffera prudemment les manchons, on placera les extrémités du fil, puis on y versera un métal à souder, facilement fusible.

COUT DES CANALISATIONS EN ZINC. — La comparaison du coût des canalisations en zinc et en cuivre est ordinairement à l'avantage du cuivre (tableau I). Par suite du prix très élevé du zinc enrichi, le prix du kilogramme de fil de zinc est néanmoins supérieur à celui du fil de cuivre, en temps de

TABLEAU I. — *Comparaison du coût en marks des canalisations en cuivre et en zinc.*

	FIL DE ZINC AVANT LA GUERRE	FIL DE ZINC PENDANT LA GUERRE	FIL DE ZINC DÉCEMBRE 1915
Matière brute en mètre par 100 kg	140		65
Transformation en fil	20		120
Fil de 1 à 2 mm de diamètre en marks par 100 kg	160	400	185
Fil de 1 à 2 mm de diamètre en marks par 1 000 m de 1 mm².	18	45	16
Fil de 1 à 2 mm de diamètre en marks par 1 000 m pour une intensité de 1 A et une tension de 1 v	26	64	80
Fil de 1 à 2 mm de diamètre, en marks par 100 m pour une intensité de 50 A et un échauffement de 25°	50	123	131

Digitized by Google

paix. Les forts salaires qui doivent être payés actuellement, influencent, d'une façon sensible, le prix du fil de zinc.

Canalisations composées de deux métaux. — Par suite de son peu de résistance à la traction, le zinc ne peut guère être employé dans les canalisations aériennes ; d'autre part, le fer exige de grandes sections de câble à cause de sa faible conductibilité et de ses propriétés magnétiques. Mais le fer présente une très grande résistance à la traction et le zinc offre une conductibilité passable. Pour profiter des qualités — au point de vue des canalisations électriques — de ces deux matières et atténuer leurs inconvénients, on a donc songé à les combiner.

On conseille d'entourer le fil ou le câble de fer d'une couronne de fils de zinc. Le courant alternatif qui traverse le conducteur ainsi constitué sera absorbé surtout par le zinc (la densité du courant étant plus grande vers la périphérie du conducteur qu'à l'intérieur : c'est l'effet Kelvin). Ce genre de canalisation présente toutefois un inconvénient : on n'aperçoit pas, le cas échéant, l'attaque par la rouille de la partie en fer ; la disposition inverse — le fer à l'extérieur du zinc — serait naturellement désavantageuse au point de vue de la répartition du courant. Ces conducteurs constitués par deux métaux superposés ne semblent guère avoir été employés jusqu'ici.

Conclusions. — L'obligation impérieuse dans laquelle se trouve l'Allemagne de renoncer presque totalement à l'emploi du cuivre, sauf pour les besoins de l'armée, et de recourir à d'autres métaux dans des conditions le plus souvent onéreuses, montre bien que la crise du cuivre est entrée chez nos ennemis dans une phase aiguë. Cet aperçu en est la preuve... ingénue, car il est basé sur des données allemandes. L.

Un nouveau type de relais à déclanchement direct (1).

Le nouveau type de relais créé par la Société anonyme Brown-Boveri et Cie consiste en un relais à déclanchement direct, c'est-à-dire que ces appareils sont destinés à être insérés directement dans un réseau à haute tension sans être alimentés par des transformateurs d'intensité ou de tension ; ils sont aussi à réglage indépendant ; une fois le relais réglé le retard au déclanchement ne dépend pas de l'intensité du courant. Ces relais sont exécutés pour des intensités allant jusqu'à 1000 A et pour toutes les tensions utilisées en pratique. On les place généralement directement sur les boulons de prise de courant des interrupteurs à huile ; ils déclanchent l'interrupteur, soit par l'intermédiaire de leviers, soit à l'aide de contacts électriques.

Partie mécanique. — Les parties principales du relais sont les suivantes : l'électro-aimant avec le dispositif retardateur, la bobine avec la résistance mécanique, les bornes de prise de courant.

Electro-aimant et dispositif retardateur. — Le noyau de l'électro-aimant a (fig. 1) a une forme d'U et est en fer doux lamellé ; il attire une armature b mobile autour d'un axe t qui est pressé par deux ressorts o dans deux encoches pratiquées dans les tôles recouvrant le noyau a ; deux plaques y en tôle d'acier retiennent les ressorts o et empêchent qu'ils ne soient trop tendus ; le levier de déclanchement b_1 est solidement rivé à l'armature b.

Un petit moteur à induit en court-circuit d logé dans le noyau a et dont l'arbre repose dans le noyau a et dans le petit étrier x actionne le dispositif retardateur. L'arbre du moteur porte une vis sans fin d qui engrène une roue hélicoïdale g, solidaire d'un pignon g monté sur le même axe. Un secteur denté h, mobile autour d'un axe i, peut engrener avec le pignon g_1 ; l'axe i est porté par un levier k mobile autour d'un boulon l. Normalement, le secteur h n'engrène pas avec le pignon g, mais un léger déplacement du levier k suffit pour établir le contact ; ce déplacement du levier k est entravé par le ressort m qui sert à régler l'intensité du courant de rupture. En même temps le petit

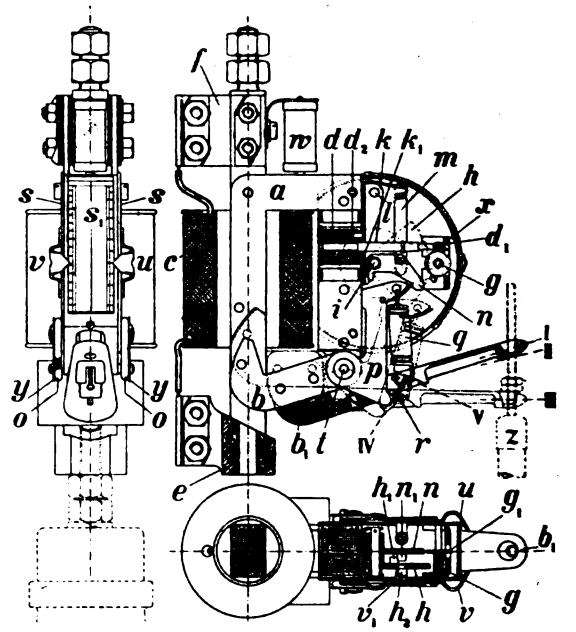


Fig. 1. — Dessin d'ensemble du relais.

a, Noyau lamellé en forme d'U ; b, armature lamellée ; b_1, levier de déclanchement ; c, bobine ; d, induit du moteur ; d_1, vis sans fin de l'arbre du moteur ; d_2, butée d'arrêt du moteur ; e, f, bornes de prise de courant ; g, pignon denté ; g_1 roue hélicoïdale ; h, secteur denté, h_1, h_2, tenons d'entraînement du secteur h ; i, axe du secteur h ; k, levier mobile ; h_1, ergot du levier k ; l, bouchon servant d'axe au levier k ; m, ressort de réglage de l'intensité du courant ; n, cliquet ; n_1, tenon d'entraînement du cliquet ; o, ressorts de l'axe t ; p, levier d'entraînement ; q, ressort de court-circuit ; r, attache du ressort de court-circuit ; s, plaque de protection du mécanisme ; s_1, boîtier du mécanisme avec les échelles des courants et des temps ; t, axe de l'armature b ; u, index pour le réglage de l'intensité ; v, index pour le réglage du retard au déclanchement ; v_1, tenon d'entraînement de l'index v ; w, résistance de protection ; x, étrier, support du pignon g ; y, tôles de recouvrement des ressorts o ; z, barre de déclic ; I, II, III, diverses positions du levier de déclanchement b_1 ; IV, V, diverses positions de l'attache r.

moteur d est retenu par l'intermédiaire de la butée d_2 qui appuie sur l'ergot k_1 du levier k. Un cliquet n est fixé sur l'axe i, il porte un tenon n_1 qui est soulevé par le tenon h_1 du secteur h lorsque ce dernier est dans sa position supérieure.

Un ressort à lame accroche le levier d'entraînement p au cliquet n. Le levier p est monté sur le même axe t que le levier de déclanchement b_1 auquel il est relié par un ressort q appelé ressort de court-circuit ; ce dernier est fixé à une attache r qui peut se rabattre autour de son point d'appui. Dans la position IV figurée en pointillé sur la figure, le ressort ne peut agir, il s'ensuit que le levier de déclanchement b_1 et l'armature b sont rendus solidaires du levier

(1) *Revue B. B. C.*, juillet et août 1916, t. III, p. 99 et 117, 500 mots, 15 fig.

Digitized by Google

d'entraînement p; dans la position V, au contraire, le ressort q relie le levier d'entraînement p au levier de déclanchement b_1.

Le dispositif retardateur est recouvert d'un boîtier composé de deux plaques s vissées sur le noyau et d'une enveloppe de tôle s, de section demi-circulaire portant à gauche l'échelle de retard au déclanchement et à droite l'échelle des intensités de courant. Deux index u et v permettent le réglage du retard au déclanchement et de l'intensité de rupture. L'index u sert au réglage de l'intensité, en le déplaçant on tend plus ou moins le ressort m, ce qui fait varier l'intensité du courant nécessaire pour vaincre le ressort. En déplaçant l'index v du retard au déclanchement, on abaisse ou soulève le secteur h au moyen du tenon v_1 et du tenon h_2 du secteur denté.

Les index peuvent être déplacés, soit à la main, soit avec une perche isolante.

Bobine. — La bobine c montée sur une des branches du noyau peut être facilement démontée; pour les intensités ne dépassant pas 4 A elle est fil de cuivre fin isolé et recouverte d'une carcasse isolante; pour les intensités allant jusqu'à 600 A; elle est en ruban de cuivre plat; pour les intensités de 1 000 A elle est en ruban de bronze.

Une résistance de protection w montée entre la pièce de raccordement f et le noyau de fer doux a se trouve en parallèle avec la bobine du relais.

Bornes de prise de courant. — Pour des intensités ne dépassant pas 600 A, les deux bornes e et f sont fixées sur le prolongement des plaques recouvrant le noyau a, la borne f est isolée du noyau a et par suite de la borne e; la borne se compose d'un boulon et de deux écrous. Pour les intensités de courant de 750 à 1 000 A, les bornes sont coulées en une seule pièce avec la bobine.

La borne e porte un trou fileté, ce qui permet de la fixer sur la borne de prise de courant d'un interrupteur; les deux bornes sont dans le prolongement l'une de l'autre, de sorte que si on insère le relais dans une ligne, la direction de cette ligne n'est pas modifiée.

Les dimensions du relais sont telles qu'elles ne diminuent pas sensiblement la distance entre les bornes de l'interrupteur, ce qui permet dans le cas d'interrupteurs triphasés, par exemple, de protéger chaque phase en montant un relais sur chaque borne de l'interrupteur.

Fonctionnement. — Quand l'intensité du courant atteint ou dépasse celle du courant de rupture, l'armature b_1 et avec elle le levier b sont attirées par la bobine et passent de la position I à la position II (fig. 1), le secteur denté h entre en contact avec le pignon g, la pièce d'entraînement p entraîne le cliquet n et le levier k en surmontant la résistance du ressort m. Le déplacement du levier k et de l'ergot k_1 dégage la butée d_2 et le moteur se met en mouvement. La vis sans fin d_1 du moteur entraîne la roue hélicoïdale g_1 et le pignon g qui soulèvent le secteur denté h. A la fin de la course de h les tenons n_1 et h_1 se rencontrent, la pièce d'entraînement p est libérée et l'armature b et son levier b_1 attirés par la bobine passent de la position II à la position III, le levier de déclanchement b_1 appuie sur la tige de déclic z et produit le déclanchement de l'interrupteur.

Une fois l'interrupteur déclanché, le secteur denté h entraîné par le levier k cesse d'engrener avec le pignon g et retourne sous l'influence de son poids à la position I; le levier k appuie de nouveau contre le noyau de fer doux a et retient le moteur d. Le déclanchement ayant coupé le courant dans la bobine c, l'armature b et son levier de déclanchement b_1 reviennent à la position I, la pièce d'entraînement p est mise en contact avec le cliquet n et le relais est de nouveau prêt à fonctionner.

Si le courant revient à des valeurs normales avant le déclanchement, ce dernier est évité, le ressort m ramène l'armature et le levier de déclanchement dans la position I et le moteur est arrêté.

Le levier b_1 peut être solidaire de la pièce d'entraînement p au moyen de l'attache ou lui être relié par l'intermédiaire d'un ressort de court-circuit q. Dans le premier cas le déclanchement n'a lieu qu'au bout du temps fixé par l'index v quelle que soit l'intensité du courant. Dans l'autre un court-circuit aura pour effet d'attirer l'armature b du levier b_1 et de provoquer un déclanchement immédiat.

Partie électrique. — L'intensité du courant de rupture du relais est de 1,4 à 2 fois l'intensité effective du courant. Le relais est un relais indépendant de l'intensité du courant, cependant, si on se sert du ressort de court-circuit, le relais entrera brusquement en fonction quand l'intensité atteindra le triple de l'intensité effective. Le retard au déclanchement est fonction du nombre de tours du petit moteur il dépend donc de la fréquence. Le maximum du retard que l'on peut obtenir est de 12 secondes à la fréquence 50 et de 18 secondes à la fréquence 40 p : sec. Le minimum de retard est d'environ 1 seconde Le réglage de l'intensité de rupture se fait à $\pm$ 2,5 pour 100 près, le retard au déclanchement correspond exactement à la valeur fixée par l'index.

La résistance de protection est mise en parallèle avec la bobine du relais et est destinée à la protéger contre les ondes de courant. H. C.

Appareil automatique pour le graissage au départ (1).

L'étude des machines a fait de tels progrès qu'il est possible actuellement de réaliser des paliers dans lesquels le coefficient de frottement est réduit, en marche normale, à 0,001 au moins, les pertes mécaniques sont, de ce chef, absolument négligeables. Au démarrage, les conditions sont entièrement modifiées et si un graissage sous pression n'est pas prévu, dans le cas de lourdes pièces à mettre en mouvement, le coefficient de frottement est considérable; il en résulte la nécessité d'un couple de démarrage considérablement augmenté et surtout une usure anormale des parties frottantes pouvant amener la destruction des propriétés d'auto-graissage. La nécessité de ce graissage sous pression a amené l'installation indépendante de la machine principale et comprenant des pompes, accumulateurs, etc.; ces installations sont coûteuses, étant donné surtout le peu de durée de leur emploi. Le professeur Michell, l'inventeur des paliers de butée perfectionnés (*La Revue électrique*, 15 décembre 1916, t. XXVI, p. 383), a imaginé un dispositif automatique assurant le graissage au départ, cet appareil particulièrement simple ne comporte aucune pompe et est toujours prêt à fonctionner. L'appareil se compose d'un accumulateur spécial alimenté par l'écoulement de l'huile qui circule sous pression entre les surfaces de travail du coussinet lorsqu'il travaille dans des conditions normales, l'existence d'une telle pression est en effet essentielle pour le graissage efficace du coussinet.

Le dispositif en question est particulièrement adapté au cas où le coussinet est du type imaginé par l'auteur, c'est-à-dire au cas où les coquilles et blocs sont pivotés autour d'un point qui coïncide approximativement avec le centre de

(1) Michell. *Engineering*, 23 novembre 1917, t. CIV, p. 548-549, 2 200 mots, 7 fig.

Digitized by Google

pression de l'huile. L'ensemble de l'appareil est montré par quatre photographies, mais le fonctionnement est plus facile à comprendre par l'examen des figures 1, 2 et 3.

Comme on le voit sur la figure 3, la coquille du coussinet est pivotée sur une tige creuse, la surface de contact du point étant exécutée avec assez de soin pour être étanche

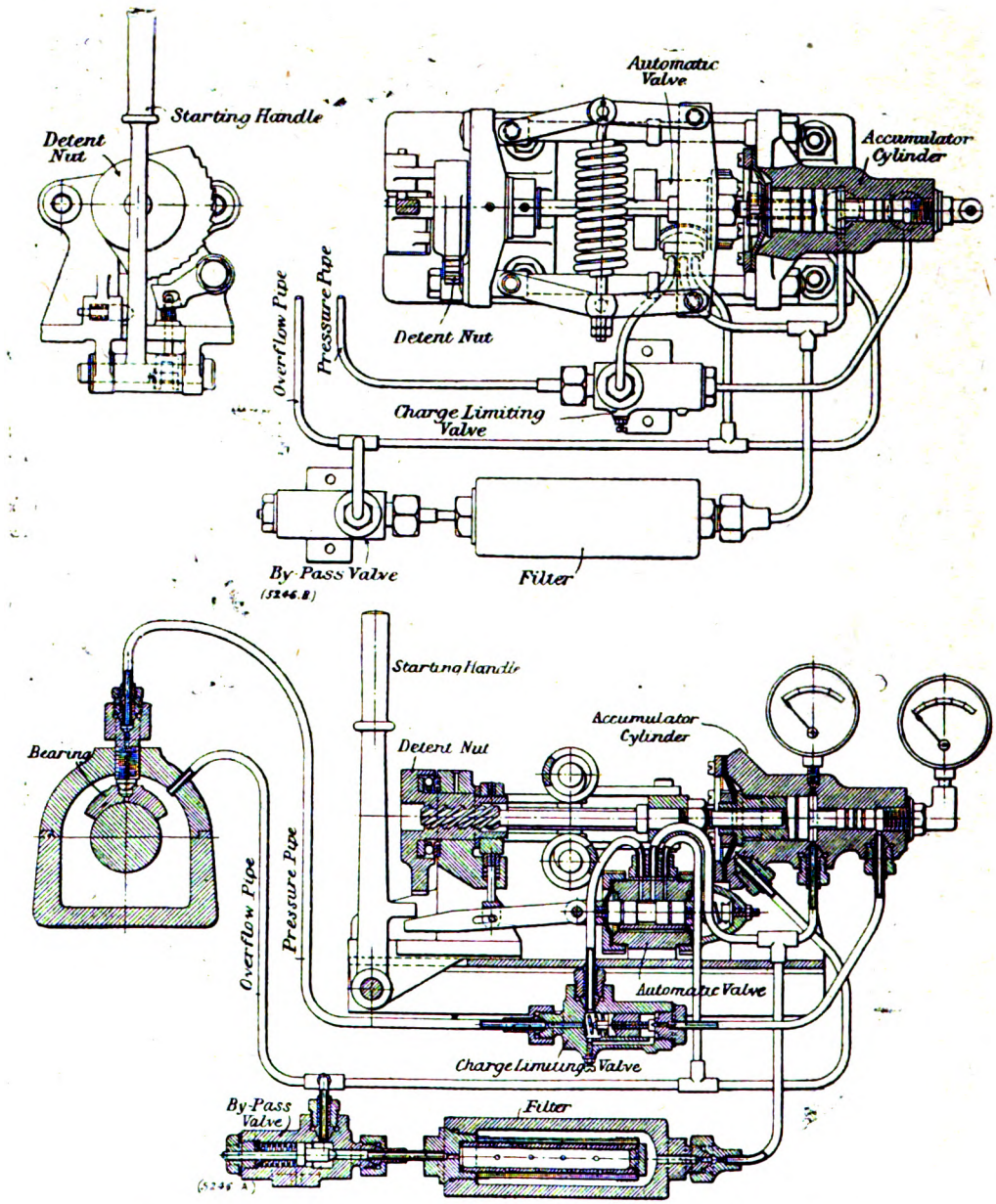


Fig. 1, 2 et 3. — Coussinet Michell pour le graissage automatique au départ.

à l'huile, la tige creuse communique avec la face interne du coussinet par un trou percé dans ce dernier au point où la pression de l'huile est maximum.

Si nous supposons que la pression à laquelle le coussinet est soumis est égale à 35 kg : cm² de surface projetée, l'huile fournie par autograissage est soumise à une pression voisine de 45 kg : cm² par suite de l'effet automatique dû au pivotage ; la tige perforée formant pivot est reliée par son autre extrémité à une canalisation aboutissant à un cylindre d'accumulateur d'un type spécial (fig. 2 et 3) comportant deux cylindres de diamètres inégaux : la pression de l'huile fournie par le palier déplace le piston, ce déplacement a pour effet de tendre les ressorts disposés pour l'appareil. à l'extrémité de sa course, le piston est tenu en position par une clavette disposée à cet effet, il reste en ce point, les ressorts bandés, que ce coussinet continue à fonctionner ou non, jusqu'à ce que la manette de démarrage ait débloqué cette clavette. L'accumulateur est chargé en quelques minutes de marche et est prêt pour assurer un nouveau démarrage.

Pour démarrer la machine, après un arrêt, le commutateur de démarrage actionne le système débloquant l'accumulateur, les ressorts transmettent leur effort au piston de l'accumulateur qui envoie l'huile sous le coussinet, mais un dispositif automatique supprime l'action du gros cylindre de sorte que la pression de l'huile peut atteindre une très grande valeur, par exemple, 175 kg : cm²; grâce à cette forte pression le rotor à démarrer est soulevé d'une quantité très petite, par exemple $\frac{1}{50}$ de millimètre, mais suffisante pour la formation d'une couche d'huile assurant au démarrage un coefficient de frottement comparable à celui obtenu en marche normale. La quantité d'huile nécessaire pour assurer le démarrage est extrêmement petite, 1,5 cm³ à 2 cm³ pour un arbre de 100 mm de diamètre et tournant à 1 000 t : min.

L'huile sous pression circule continuellement dans la canalisation, on a profité de cette circonstance pour installer sur son parcours un filtre sous pression ; une valve automatique intercale ou supprime le filtre suivant que l'ensemble est dans la position de marche normale ou de démarrage.

E. B.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Le bassin houiller des Alpes françaises

D'après M. Kilian, professeur à l'Université de Grenoble, une seule des zones de ce bassin, la zone intra-alpine, s'étend sur 160 km de longueur, sur 7 km environ de largeur couvrant « une surface équivalente à celle de tous les bassins houillers français actuellement exploités ». Bien que le combustible qu'on y trouve, l'anthracite, n'ait pas les qualités de nos charbons du Nord, il est cependant utilisable aussi bien pour les besoins industriels que pour les besoins domestiques. On trouvera dans l'article ci-dessous quelques indications, d'après une conférence faite récemment à Grenoble par M. l'ingénieur G.-A. Maillet, sur l'importance des gisements de ce bassin, sur les efforts qui ont été faits pendant la guerre pour en augmenter la production et sur les emplois que peut trouver dans la région le combustible extrait, en particulier à l'alimentation d'usines thermiques d'électricité venant en aide aux usines hydro-électriques pendant la période des basses eaux.

Sous le titre « La houille noire au pays de la houille blanche », M. Gabriel-A. MAILLET, ingénieur E. C. L., directeur des Établissements Régis-Joya, a fait récemment, à la Chambre de Commerce de Grenoble, une conférence dans laquelle, après avoir montré combien l'industrie française aura à souffrir pendant les années qui suivront le rétablissement de la paix, de la destruction de nos houillères du Nord, il fait voir le grand intérêt que présenterait pour notre avenir national une exploitation rationnelle et intensive de notre bassin houiller des Alpes. Nous ne croyons pas devoir insister sur les difficultés qui résulteront de la faiblesse de notre production de houille en regard des besoins de notre consommation : la question, qui intéresse l'ensemble de notre industrie nationale, a été maintes fois traitée dans ces derniers temps dans des publications économiques et un exposé sommaire en a été donné ici même dans le compte rendu du rapport que M. Jean Rey a présenté au récent Congrès national du Génie civil [1]). Par contre, il nous paraît utile de donner quelques détails sur les ressources en combustibles minéraux que nous pouvons tirer de notre bassin houiller des Alpes, d'abord parce qu'elles sont certainement peu connues de ceux de nos lecteurs qui n'ont pas d'intérêts industriels dans la région ; ensuite parce qu'elles ne peuvent que contribuer au développement des installations hydro-électriques des Alpes françaises en fournissant à celles-ci, par la création d'usines thermiques génératrices d'électricité, un moyen de parer aux insuffisances de production lors des périodes de basses eaux ; enfin parce que l'utilisation de l'anthracite des Alpes dans les industries électrochimiques ou électrométallurgiques du carbure de calcium, du phosphore, du zinc, etc., utilisation déjà commencée avec succès et qui s'accroît journellement, ne peut que contribuer à l'extension de ces industries en leur permettant de n'avoir plus recours au coke dont la pénurie se fait et se fera de plus en plus vivement sentir. Examinons donc, en prenant pour guide la remarquable conférence de M. Maillet, quelles sont les caractéristiques du bassin houiller des Alpes françaises, sa production avant la guerre, sa production actuelle, celle qu'on peut espérer dans l'avenir ainsi que l'utilisation qui peut en être faite.

I. — **Caractères géologiques du bassin houiller des Alpes.** — Du littoral méditerranéen jusqu'à la profonde dépression du Rhône valaisan, la chaîne des Alpes décrit, en territoire français, un arc de 350 km de développement, dont la convexité est tournée à l'Ouest et dont la partie concave domine à l'Est la plaine du Piémont. De l'Ouest à l'Est, suivant une ligne tracée de Valence à Turin, le massif des Alpes centrales offre la structure suivante : 1° une *zone calcaire* constituée, de Chambéry à Sisteron, par le massif de la Chartreuse, la chaîne du Vercors, les montagnes du Valentinois, et le massif du Dévoluy ; 2° une dépression profonde à laquelle les géologues ont donné le nom de *Bord subalpin*, qui règne d'une façon continue du Valais à Saint-Bonnet-en-Champsaur et au col Bayard, près de Gap, et qui comprend une partie des vallées de l'Arly, de l'Isère, du Drac ; 3° une *zone cristalline centrale*, formée surtout de schistes anciens et de roches granitoïdes, qui constitue l'axe du massif alpin et qui est jalonnée du Nord au Sud par le mont Blanc, la chaîne des Aiguilles rouges, Belledone, les Grandes-Rousses, le Pelvoux et le massif du Mercantour au nord-est des hauteurs de la Tinée et de la Roya ; 4° enfin la *zone intra-alpine*, de constitution hétérogène, où les schistes et grès du houiller voisinent avec des roches dolomitiques et calcaires et qui, du Petit Saint-Bernard au col de Larche, englobe la Haute-Tarentaise, le massif de la Vanoise, la Maurienne, le Briançonnais, le Queyras et la Haute-Ubaye, pour se poursuivre ensuite en Ligurie.

Les terrains houillers, c'est-à-dire ceux où l'on ren-

(1) Voir *R. G. E.*, 30 mars 1918, t. III, p. 493.

Digitized by Google

contre généralement la houille sous ses diverses formes, sont répartis d'une manière très inégale sur les deux versants du massif central des Alpes. Sur le versant occidental, on ne signale, actuellement du moins, que quelques plis houillers parallèles ; ils ont donné naissance aux exploitations des bassins de La Mure, de l'Oisans ou des Grandes-Rousses et de Laval et il semble probable, sinon certain, que les travaux de recherches entrepris actuellement permettront de développer ces exploitations et d'en créer de nouvelles. Sur le versant oriental, par contre, les terrains houillers apparents occupent une vaste étendue ; ils constituent en majeure partie la quatrième zone, la zone intra-alpine. M. Francis Laur et le professeur Kilian, qui ont particulièrement étudié ce versant, s'expriment comme il suit à son sujet.

« Géographiquement, le bassin houiller intra-alpin commence au col des Ayes, près Briançon, s'élargit de Saint-Michel-de-Maurienne à Modane, où il atteint son maximum de largeur (soit près de 16 km), monte à l'ouest du massif de la Vanoise, et, toujours en allant au Nord, se rétrécit fortement près de Moutiers, recouvert par des terrains plus jeunes. Après Moutiers, il s'élargit de nouveau considérablement (12 à 15 km), à partir d'Aime jusqu'au delà de Bourg-Saint-Maurice, et passe ensuite en Italie pour continuer, en se rétrécissant beaucoup, jusqu'en Suisse vers Aproz et Fully-en-Valais.

» On peut évaluer la superficie de cette bande houillère intra-alpine à 160 km de longueur sur 7 km de largeur en moyenne, soit plus de 110 000 ha environ d'affleurements, sans compter tout ce qui est recouvert par des terrains plus récents, sous le massif du mont Jovet.

» On peut donc affirmer qu'il y a là un champ d'exploration considérable, qui peut être considéré comme *équivalent en surface à tous les bassins houillers français actuellement exploités.* »

Cette bande houillère, par suite des mouvements orogéniques postérieurs, ne se présente pas sous la forme d'une nappe continue, mais plutôt d'une chaîne de bassins séparés les uns des autres par les prolongements vers l'est des massifs du Pelvoux et de la Vanoise. De là trois bassins nettement individualisés : *bassin du Briançonnais*, dans la haute vallée de la Durance ; *bassin de la Maurienne*, dans la vallée moyenne de l'Arc ; *bassin de la Tarentaise*, dans la haute vallée de l'Isère. C'est généralement sous la forme d'anthracite que se présente le combustible dans ces bassins.

Deux caractères généraux différencient ces gisements d'anthracite de ceux des autres bassins houillers du continent européen. En premier lieu tous les gisements alpins sont situés à haute altitude : il n'en est guère au-dessous de 600 m ; on en connaît qui se trouvent à l'altitude de 2000 m, notamment dans l'Oisans. De cette haute altitude, qui est une conséquence directe de l'ascension au cours des plissements successifs des Alpes des terrains secondaires dans lesquels les dépôts préexistaient, résultent de grosses difficultés pour l'exploitation des gisements alpins : rareté des routes d'accès, éloignement des voies ferrées, climat rude où les conditions d'existence sont dures, main-d'œuvre peu abondante, coût très onéreux d'installation et d'entretien du matériel. En second lieu, ces gisements ont été profondément bouleversés au cours des convulsions géologiques qui ont donné au massif alpin sa configuration si tourmentée ; comme le dit à ce propos M. Kilian, « ces dislocations ont modifié la nature et la qualité du combustible et provoqué dans les couches de charbons, qui se sont comportées comme une matière plastique, des variations d'épaisseur brusques et fréquemment déconcertantes. » Ces caractères généraux permettent de comprendre pourquoi l'exploitation de ces gisements se présente actuellement dans des conditions très différentes de celles des autres bassins houillers du continent européen, situés en plaine ou encore au sein de massifs anciens et réguliers à faible relief.

II. — Les exploitations houillères dans les Alpes françaises. — 1. STATISTIQUE. — D'après les statistiques officielles de l'industrie minérale, au 31 décembre 1912, il y avait 135 concessions pour anthracite et houille et 55 pour lignite dans les 7 départements alpins, à savoir :

	Anthracite et houille.	Lignite.
Haute-Savoie	2	10
Savoie	42	7
Isère	30	8
Hautes-Alpes	50	0
Basses-Alpes	0	22
Alpes-Maritimes	2	3
Var	9	5
	135	55

Mais sur ces 190 concessions, 60 seulement étaient en exploitation : 50 couvrant une superficie de 33 500 ha pour l'anthracite et la houille, 10 couvrant 16 500 ha pour le lignite. Moins du tiers des concessions accordées étaient donc exploitées et encore parmi les 60 concessions indiquées comme étant en exploitation 19 n'ont extrait en 1913 que quelques dizaines de tonnes. La production annuelle de l'ensemble pour les années 1902, 1907, et 1912, a été de :

1902 : 367 758 t	d'anthracite et houille	et 50 611 t	de lignite
1907 : 404 253	Id.	et 64 508	Id.
1912 : 414 207	Id.	et 48 396	Id.

Pour l'année 1912, cette production représentait une valeur d'environ 7 millions de francs.

Si l'on s'en rapporte à d'autres statistiques, on trouve qu'en 1911 la consommation de combustibles minéraux dans les trois départements de la Savoie, de l'Isère et des Hautes-Alpes a été 764 000 t, alors que l'extraction de l'anthracite dans ces mêmes départements a atteint 377 000 t, soit presque la moitié de la consommation.

2. CLASSEMENT DES EXPLOITATIONS HOUILLÈRES. — D'après les caractères géologiques de leurs bassins les

Digitized by Google

exploitations houillères des Alpes françaises peuvent être groupées en deux zones principales : la *zone subalpine*, comprenant toutes les exploitations situées à l'ouest du grand anticlinal alpin, c'est-à-dire les bassins de La Mure, de l'Oisans ou des Grandes-Rousses et du Graisivaudan ; la *zone intra-alpine*, qui correspond à la grande bande houillère du versant oriental et se subdivise elle-même, de Bourg-Saint-Maurice à Briançon, en bassins de la Tarentaise, de la Maurienne et du Briançonnais.

a) *Zone subalpine.* — Dans la zone subalpine, le *bassin de La Mure*, vient en tête, sinon au point de vue du nombre des concessions, du moins par leur étendue, soit 7 587 ha et surtout par l'importance de sa production, qui a passé de 335 000 t en 1913 à 390 000 t en 1917.

Les exploitants sont au nombre de deux : la Compagnie des Mines de La Mure, avec les deux concessions de La Motte-d'Aveillans et de Peychagnard ; cette société houillère — la reine des exploitations d'anthracite dans les Alpes — est depuis longtemps en plein rendement ; ses produits : cassés-criblés, grésils, boulets, ont conquis une clientèle industrielle et domestique qui dépasse les limites du Dauphiné ; elle a fait, enfin, un très gros effort au cours de cette guerre, en portant sa production annuelle à 360 000 t, soit une augmentation de plus de 20 pour 100. La Société des Mines d'anthracite de Notre-Dame-de-Vaux, qui exploite la concession de Comberamis ; sa production annuelle dépasse 30 000 t, et elle poursuit actuellement d'importants travaux de recherche susceptibles d'un bel avenir.

A côté de ces exploitations, il convient de signaler, parmi les 11 concessions actuellement délivrées dans le bassin de La Mure, celles de La Jonche, du Majeuil, du Marais de La Mure, de Villard d'Entraigues, en Valbonnais, actuellement en voie d'aménagement. Leur mise en exploitation, œuvre de groupes de la région grenobloise et de la région stéphanoise, augmentera dans de notables proportions la production actuelle du bassin de La Mure.

Les deux autres bassins de la zone subalpine présentent une importance moindre.

Le *bassin de l'Oisans*, malgré ses 15 concessions, n'a actuellement qu'une superficie concédée de 1 092 ha. Le nombre des concessions en activité ne dépasse pas 5. Le principal, on pourrait presque dire l'unique exploitant, est la Compagnie des Mines d'anthracite et de tale du Dauphiné, dont les deux concessions de Combe-Charbonnière et de l'Erpie ont produit 15 000 t en 1917. Les trois autres concessions sont en période d'aménagement, et leur extraction a été jusqu'ici insignifiante.

Le *bassin du Graisivaudan* ne comporte que deux concessions, d'une superficie totale de 395 ha. La seule exploitée est celle de La Boutière, sur la commune de Laval, appartenant à la Société des Mines d'anthracite de Sainte-Agnès. De 1 440 t en 1913 sa production a passé à 10 000 t en 1917. Elle paraît devoir se développer encore, grâce aux énergiques efforts dont elle est l'objet ; il semble qu'elle atteindra 30 000 t dans deux ou trois ans.

b) *Zone intra-alpine.* — D'une manière générale, on peut dire que les trois bassins de la zone intra-alpine (Tarentaise, Maurienne, Briançonnais), sont encore en période d'aménagement et leur extraction n'atteint pas, à beaucoup près, le tonnage très important dont ils sont susceptibles.

Ce n'est pas cependant que ces richesses fussent inconnues. En tête de son étude intitulée : « La Savoie Industrielle », M. V. Barbier, membre de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Savoie, écrivait en 1875 : « Les richesses minéralogiques de la Savoie sont abondantes autant que variées ».

Or il n'est pas de domaine où l'opinion émise par l'ancien directeur des Douanes de Chambéry ait reçu de confirmation plus éclatante que celui des combustibles minéraux. A la veille de la guerre, le nombre des concessions d'anthracite délivrées dans les deux vallées de la Tarentaise et de la Maurienne, était de 42 et la superficie concédée atteignait 10 372 ha.

Par contre, il faut bien reconnaître que le nombre des concessions en activité ne dépassait pas 12, représentant une superficie de 2 492 ha, soit moins de 25 pour 100 de la surface totale concédée.

On voit par là combien étaient délaissés les gisements d'anthracite des Alpes de Savoie. Leur altitude, leur structure accidentée, la qualité inférieure et les difficultés de transport de leurs produits, plaçaient malheureusement les exploitations de la Tarentaise et de la Maurienne, dans une situation très défavorable. Elle apparaîtra dans toute sa réalité par ce fait qu'à Moutiers, l'anthracite alpin ne luttait que difficilement contre la concurrence des anthracites de La Mure, des houilles du Centre et du Midi, même des houilles étrangères, apportées par la voie ferrée.

L'exploitation des gisements d'anthracite, en Savoie, remonte à une date très ancienne. En 1750, d'après certains documents, Mme de Warens et Mre de Bellegarde des Marches, formèrent une société pour exploiter, outre des gisements de lignite, la mine d'anthracite de la Chénaie, près de Montagny, en Tarentaise, et Jean-Jacques Rousseau en fut quelques mois l'intendant. Toutefois, l'extraction de l'anthracite a été longtemps, en Savoie, restreinte à la satisfaction des besoins purement locaux, on pourrait dire presque familiaux, des villages situés à proximité des affleurements. A ce propos, M. Barbier fait remarquer que « certaines communes totalement déboisées, comme Saint-Martin-de-Belleville, n'auraient pu subsister sans ce précieux combustible ».

Les procédés d'exploitation étaient, d'ailleurs, plutôt sommaires. Les anciens travaux consistaient, en effet, le plus souvent, en une galerie prise sur un affleurement, et poussée en direction jusqu'à ce qu'elle arrive à un étirement ou à une fracture de la couche, ou encore à une venue d'eau qui noyait la galerie. En général, ces galeries ne dépassaient pas une longueur de 80 à 100 m, car, au delà, le transport à la brouette eût été trop coûteux et l'entretien onéreux. Les exploitants prenaient alors, dans le voisinage immédiat de cette galerie, tout ce qui pouvait s'abattre sans trop de danger et sans effectuer

Digitized by Google

aucun remblayage. Ils abandonnaient ensuite ces travaux pour aller recommencer sur un autre affleurement. On conçoit que ce mode d'exploitation barbare produisait peu et gaspillait beaucoup.

Le transport de l'anthracite extrait s'effectuait par charrettes et parfois même à dos de mulets; ce n'est que dans des cas très rares qu'on faisait usage d'un plan incliné ou d'un transporteur à câble métallique, du type de ceux installés par les bucherons et fabricants de charbon de bois.

Telle quelle, cette industrie rudimentaire donnait lieu déjà, dans la première moitié du siècle dernier, à une production d'une certaine importance, absorbée par les besoins locaux.

En 1830, d'après M. Depine, la Tarentaise et la Maurienne fournissaient ensemble 3600 t d'anthracite; le prix de la tonne, à la mine, variait de 8 fr en Maurienne à 10 fr en Tarentaise.

En 1850, la notice statistique de l'Industrie minérale des Etats Sardes indiquait pour les 13 exploitations principales, dont 6 en Maurienne et 7 en Tarentaise, une production annuelle de 4660 t et un personnel de 127 ouvriers, recevant un salaire moyen de 1,10 fr à 2 fr par jour.

En 1864, la production atteignait 7500 t, et le personnel 140 ouvriers.

Enfin, il est intéressant de comparer, d'après les statistiques officielles, la situation de l'industrie houillère de la Maurienne et de la Tarentaise, en 1872 et en 1912, à la veille de la guerre :

	1872	1912
Nombre de concessions délivrées.	44	42
Nombre de concessions exploitées.	14	12
Superficie totale concédée en hectares.....	5 500	10 372
Production annuelle, en tonnes...	8 522	21 041
Prix moyen de la tonne, à la mine, en francs.....	9,70	7,90
Nombre d'ouvriers occupés	132	141
Salaire moyen du personnel, par journée, en francs.....	2,85	7,90

Ainsi, à quarante ans de distance, nous voyons que, pour l'ensemble des exploitations d'anthracite de la Tarentaise et de la Maurienne, la production annuelle s'est accrue de 150 pour 100, la superficie concédée a presque doublé, le nombre des concessions et l'effectif du personnel sont restés à peu près constants, tandis que le prix moyen de vente s'abaissait de 18,5 pour 100 et que le salaire moyen du personnel s'élevait de 177 pour 100.

Ce rapprochement donne la mesure des progrès réalisés dans cette période, par l'industrie houillère de la Tarentaise et de la Maurienne, et aussi des modifications survenues dans les conditions générales. On va voir d'ailleurs que, depuis le début de la guerre, un très gros effort a été fait en Savoie, pour intensifier la production d'anthracite et pour mettre en valeur les concessions inexploitées.

α. Bassin de la Tarentaise. — En Tarentaise, la Société des Charbonnages de la Tarentaise, que dirige M. Francis Laur, a poussé activement l'exploitation de ses deux concessions des Corbières et de Réel. Sa production actuelle paraît atteindre 1500 t par mois, dont 600 t d'agglomérés. Cette société poursuit, en outre, un vaste programme de prospection et d'aménagements.

La Société civile des Mines d'anthracite d'Aime, sous l'impulsion énergique de M. le comte de Saint-Pierre, qui, depuis 1891, consacre son activité à la mise en valeur de ses concessions de Planamont, de Combe-Chenalette, de Lequenay, de Corbassière, au total près de 700 ha, atteint actuellement une extraction mensuelle de 3000 t, dont les deux tiers sont livrés à la consommation sous la forme de boulets. On peut prévoir que sa production mensuelle atteindra rapidement 5000 à 6000 t.

Enfin, quoique de création très récente, la Société minière des Alpes, née il y a moins d'un an, de l'initiative de deux grands industriels de Grenoble, MM. Aimé et Auguste Bouchayer, a mis en exploitation ses deux sièges de Montchavin et de Sangot-la-Planta, dans la haute vallée de l'Isère, entre Aime et Bourg-Saint-Maurice. La production mensuelle dépasse déjà 2500 t. En outre, la Société Minière des Alpes pousse activement l'organisation de sa concession de la Chénaie sur Montagny, dans la vallée du Doron de Bozel, et étudie l'installation d'une usine d'agglomération.

β. Bassin de la Maurienne. — En Maurienne aussi, un gros effort a été réalisé par les deux principaux exploitants : La Compagnie des Mines de Maurienne, qui exploite la riche concession de la Saussaz-Chatelard; et surtout par la Compagnie des Mines et Usines de Saint-Michel et Sordière que dirige M. Fayen, et qui exploite notamment les concessions de Gorge-Noire, de Sordière et de Plan d'Arc. La production totale annuelle de ces deux sociétés a augmenté de près de 45 pour 100, c'est-à-dire qu'elle est passée de 16000 t environ à 23 000 t.

En outre, divers groupes préparent actuellement la mise en valeur de plusieurs concessions importantes, qui ne tarderont pas à entrer en exploitation. Tel est le cas du gisement de l'Etarpey, prospecté et organisé par M. l'ingénieur Gojon.

Il reste certainement beaucoup à faire en Maurienne, principalement dans la direction de Modane, où la zone houillère intra-alpine atteint son maximum de largeur et où les affleurements sont nombreux. Souhaitons donc à cette région de devenir, à l'exemple de la Tarentaise, le champ d'action des initiatives que peut tenter le large avenir réservé à l'industrie houillère dans les Alpes de Savoie.

γ. Bassin du Briançonnais. — Le bassin du Briançonnais ne comporte pas moins de 50 concessions, échelonnées dans la vallée de la Guisanne, principalement sur le versant est, sur les bords de la cuvette d'alluvions glaciaires, que domine Briançon, et sur les deux rives de la Durance, depuis cette ville jusqu'à l'amont de l'Argentière-La-Bassée. La superficie totale concédée atteint 6467 hectares. Mais, comme en Maurienne et en

Digitized by Google

Tarentaise, le nombre des concessions exploitées est relativement faible. En 1912, il ne dépassait pas 29; encore, 12 seulement de ces concessions donnaient-elles une extraction annuelle supérieure à 300 t. La production totale annuelle du bassin atteignait 10700 t.

Les gisements d'anthracite du Briançonnais présentent à peu près les mêmes caractères que ceux de la Savoie : altitude moyenne élevée, structure accidentée, exploitation rudimentaire, extrêmes difficultés pour l'accès des galeries et pour le transport des produits.

Il y a lieu, toutefois, de signaler deux particularités intéressantes.

En premier lieu, la superficie totale concédée est beaucoup plus morcelée qu'en Savoie. Ceci tient au fait que, dans le Briançonnais, les exploitations d'anthracite avaient encore avant la guerre, pour la plupart, un caractère communal et presque familial. L'extraction était pratiquée surtout pour les besoins locaux. Elle avait lieu de préférence en hiver, occupant ainsi, pendant la mauvaise saison, les populations voisines, agricoles et pastorales.

En outre, à défaut de chemins carrossables ou même muletiers, souvent inexistants, l'anthracite extrait était, en général, descendu jusqu'aux habitations sur de petits traîneaux, appelés « ramasses », portant 200 ou 300 kg au plus, c'est-à-dire le produit de la journée. Le mineur qui, le matin, avait monté le traîneau sur ses épaules, le redescendait chargé, le soir, en glissant sur la neige. La présence de celle-ci était donc un facteur intéressant, et ce fait contribue à expliquer pourquoi la plupart des exploitations du Briançonnais avaient un caractère temporaire.

Les besoins impérieux créés par la guerre ont modifié profondément cette antique industrie. Le Briançonnais, comme la Tarentaise et la Maurienne, a vu naître des initiatives fécondes. La mise en valeur de ses gisements s'intensifie, les procédés d'exploitation se modernisent, la production augmente de jour en jour, avec une rapidité surprenante, qui donne la mesure de l'effort accompli, effort auquel notre industrie grenobloise, comme vous le savez, n'est pas restée étrangère!

A l'heure actuelle, les principaux exploitants du Briançonnais sont :

La Société des Mines et Agglomérés du Briançonnais, constituée en février 1917 et qui exploite les deux concessions de Combarine et de Roche-Pessa, d'une superficie totale de 93 hectares; cette société a installé également une usine d'agglomération à Sainte-Catherine de Briançon; la production mensuelle d'anthracite atteint environ 2700 t par mois, dont près de la moitié est transformée en boulets; cette production mensuelle tend à s'accroître d'une manière continue; elle semble devoir dépasser bientôt 3000 t.

La Société des Charbonnages de la Tour, que dirige M. Boidot, et qui s'est annexé une filiale, la Société des Agglomérés du Sud-Est, pour la fabrication des agglomérés; actuellement, cette Société exploite les deux concessions de la Tour et de la Plaine Saint-Pancrace, dont la production mensuelle atteint 1300 t; on peut prévoir qu'elle sera portée à 1500 t, dans un avenir prochain, et qu'elle atteindra 2000 t à fin 1918; l'usine d'agglomération produit environ mensuellement 500 t de briquettes rectangulaires de 1 kg; suivant les usages auxquels ces briquettes sont destinées, elles sont constituées, soit d'anthracite seul, soit par un mélange d'anthracite et de lignite, ou encore de poussier de houille grasse.

La Société Minière du Briançonnais née, en août 1917, d'initiatives grenobloises; bien que toute récente encore cette société a poussé la mise en œuvre de ses deux concessions de Saint-Jean et de Saint-Jacques avec une telle activité qu'à fin 1917 l'extraction mensuelle atteignait déjà 700 t. L'année en cours verra certainement doubler, peut-être même tripler cette production.

Enfin, divers groupements nouveaux sont, à l'heure actuelle, en voie de constitution; deux d'entre eux, dont l'entrée en ligne ne saurait plus tarder beaucoup, préparent l'aménagement d'importantes exploitations dans le voisinage de Monêtier-les-Bains, de Saint-Chaffrey et de Chanteloube.

3. *Production du bassin houiller des Alpes centrales à fin 1917.* — Tous ces efforts ont eu un magnifique résultat comme le montrent les chiffres qui suivent :

A la veille de la guerre, la production annuelle du bassin anthracifère des Alpes françaises (Savoie, Isère, Hautes-Alpes), arrivait péniblement à *377 000 t.*

A la fin de 1917, bien que la superficie concédée soit restée sensiblement la même, la production a atteint *507 000 t*, en augmentation de 35 pour 100.

Enfin, tout fait prévoir que, en 1918, elle dépassera *650 000 t*, soit une augmentation de 72 pour 100 sur la production d'avant-guerre.

Le rapprochement de ces trois chiffres se passe de commentaires. Il montre, une fois de plus, ce que peuvent l'initiative et le dévouement de l'industrie et des patriotiques populations de nos Alpes!

III. — **Caractères des anthracites alpins.** — L'anthracite des Alpes est, en général, un combustible de qualité assez médiocre, du moins en comparaison de la houille normale de nos mines du Nord et du Centre.

Toutefois, une distinction très nette doit être établie entre les anthracites de la zone intra-alpine et ceux de la zone subalpine ou dauphinoise.

Les *anthracites de la zone subalpine* (anthracites de la Mure, de l'Oisans, et du Graisivaudan), sont généralement encore d'assez bonne qualité, et leur composition les rapproche, plus ou moins, des sortes moyennes d'anthracites belges et anglais.

Elle varie, en effet, dans les limites suivantes :

Humidité	3 à 5 pour 100
Matières volatiles	6 à 8 pour 100
Carbone fixe	72 à 80 pour 100
Cendres	7 à 17 pour 100
Puissance calorifique	6 600 à 7 500 calories

Les scories, composées surtout d'argile et de silice, sont assez fusibles et nettement acides, ce qui explique

Digitized by Google

leur tendance à attaquer le métal des grilles sur lesquelles on brûle ces anthracites.

D'autre part, à l'extraction, le tout-venant comporte déjà une proportion importante de menus et de poussiers, qui tend à s'accroître au fur et à mesure des manipulations. Ce fait a amené les principales exploitations du Dauphiné à compléter leur outillage par l'adjonction d'un matériel d'agglomération. Les boulets de La Mure et de l'Oisans ont conquis à Grenoble une notoriété qui dispense d'insister sur l'utilité et l'intérêt de cette fabrication.

Les *anthracites de la région intra-alpine*, c'est-à-dire des bassins de la Tarentaise, de la Maurienne et du Briançonnais, sont, jusqu'à ce jour du moins, d'une qualité nettement inférieure à celle des anthracites du bassin dauphinois ou subalpin.

Les teneurs en matières volatiles et en carbone fixe sont plus faibles et la proportion de cendres est beaucoup plus considérable. Par contre, ces cendres sont moins fusibles et ont une tendance beaucoup moins marquée à attaquer les barreaux des grilles industrielles.

En outre, la composition moyenne, par bassin, des anthracites de la zone intra-alpine révèle que la qualité de ceux-ci va en s'abaissant progressivement, en descendant du Nord au Sud, le long de la bande houillère. Autrement dit, les anthracites de la Tarentaise paraissent un peu meilleurs que ceux de la Maurienne, et ceux-ci sont eux-mêmes de qualité un peu supérieure à ceux du Briançonnais.

La composition moyenne des anthracites de la Tarentaise, de la Maurienne et du Briançonnais, tels qu'on les connaît à l'heure actuelle est donnée par le tableau suivant :

TABLEAU I. — *Composition moyenne des anthracites de la zone intra-alpine.*

BASSINS	TARENTAISE	MAURIENNE	BRIANÇONNAIS
Humidité, en centièmes.....	2,5 à 4	2 à 3	5 à 7
Matières volatiles, en centièmes ...	4 à 5	4 à 5	3 à 4
Carbone fixe, en centièmes.....	72 à 77	60 à 65	60 à 65
Cendres, en centièmes.....	93 à 98	29 à 32	26 à 30
Puissance calorifique, en calories.	6 300 à 6 900	5 400 à 6 000	5 300 à 5 800

Ces anthracites de la zone intra-alpine sont, en outre, caractérisés par :

1° Leur *friabilité*, qui, comme la teneur en matières stériles, s'accroît de la Tarentaise à la Maurienne et en Briançonnais; dans le tout-venant, au sortir de la mine, la proportion de menus et de poussiers atteint facilement 50 pour 100; elle tend, en outre, à augmenter rapidement au cours des manipulations et de l'exposition à l'air.

2° En second lieu dans ces anthracites, les matières stériles, qui donnent naissance aux cendres et scories au cours de la combustion, sont à un état de *division extrême* et *réparties* uniformément dans la masse, au lieu de se présenter, comme dans la houille ordinaire, sous la forme de morceaux plus ou moins gros, mêlés au combustible et facilement reconnaissables ;

3° En raison de leur pauvreté en matières volatiles, l'*allumage de ces anthracites est difficile*. On ne peut les brûler convenablement que dans des foyers réfractaires, maintenus très chauds et fournissant au combustible frais la chaleur nécessaire à son inflammation. Des précautions spéciales doivent être prises, au moment des décrassages et des rechargements, pour éviter l'extinction.

4° En général, pour une bonne combustion industrielle, il faut éliminer les fines ou poussiers et mener le feu à une *allure lente*: on ne dépasse guère 30 à 40 kg par mètre carré de grille et par heure.

M. Guise, directeur des usines de la Société d'Electrochimie, à Prémont, a étudié méthodiquement les conditions de combustion de ces anthracites, en particulier de ceux de la Maurienne. Il a montré que, par suite du mélange intime des particules de charbon et des matières stériles, les morceaux d'anthracite s'enrobent dans une couche de cendres de plus en plus épaisse; l'air de combustion ne traverse ce diaphragme que lentement, en faible quantité et il faut un temps relativement long pour pousser la combustion complète jusqu'au cœur des morceaux. Si l'on essaie de pousser l'allure de la combustion, par exemple en forçant la pression de vent sous la grille, la température augmentant, la cendre qui contient des silicates fusibles d'alumine et de fer, se ramollit et se soude avec celle des morceaux voisins. On arrive ainsi à la formation d'un énorme pain de scories couvrant complètement la grille, quoique généralement non adhérent à celle-ci, et le feu s'éteint peu à peu.

IV. — **Préparation des anthracites alpins.** — L'expérience a montré que l'anthracite des Alpes est pratiquement inutilisable à l'état de tout-venant; on ne peut, en effet, assurer la combustion complète des gros morceaux, ni brûler convenablement les poussiers.

Comme pour la plupart des types de houille connus, il importe de lui faire subir, préalablement à son emploi, une préparation méthodique. Seulement, alors que pour les combustibles minéraux de qualité normale cette préparation a simplement pour but d'en faciliter l'usage et d'en accroître la valeur marchande, elle constitue pour l'anthracite des Alpes, surtout pour ceux de la Tarentaise, de la Maurienne et du Briançonnais, une opération absolument nécessaire, par suite de leur forte proportion de menus et de poussiers.

Actuellement, les bassins de la Mure et de l'Oisans sont les seuls où la pratique industrielle et les usages commerciaux ont institué un classement bien défini en « cassé-criblé » et « grésils » de divers numéros.

Pour la Tarentaise, la Maurienne et le Briançonnais, les échantillons adoptés par les divers exploitants varient

Digitized by Google

assez sensiblement d'un bassin à l'autre, souvent même d'une mine à l'autre.

Il y a toutefois un intérêt évident, étant donnés la constitution de l'anthracite de ces régions et le mécanisme de sa combustion interne, à le présenter aux usages industriels et domestiques sous la forme de morceaux qui ne soient ni trop gros, ni trop petits. Dans cet ordre d'idées, les échantillons extrêmes paraissent être ceux passant aux mailles de 50 et de 5 mm.

La progression des opérations de classement du tout-venant, au sortir de la mine, comporte : 1° un *triage* à la main, effectué généralement par des femmes et des enfants, et ayant pour but d'éliminer les pierres, les schistes et morceaux de pyrites ; 2° une série de *criblages* à la grille, au crible à secousses, ou même au trommel, permettant d'obtenir les divers échantillons commerciaux adoptés, et donnant comme rejets définitifs, d'une part les gros morceaux, d'autre part les menus et poussiers ; 3° un *concassage* au broyeur à mâchoires, ramenant les gros morceaux à des dimensions plus petites ; le produit de ce concassage est repassé à l'atelier de criblage, de manière à être classé lui-même en échantillons commerciaux et en menus ou poussiers.

La meilleure utilisation de ces derniers, qui arrivent à représenter plus de la moitié des produits de l'exploitation minière, consiste à les agglomérer, soit sous la forme de briquettes de faibles dimensions, qu'on casse pour le chargement dans les foyers industriels, soit mieux encore sous la forme de boulets ovoïdes.

Il est à remarquer que, dans la méthode précédente de préparation, il n'est pas question des procédés de lavage, et en particulier de lavage au bac à piston, qui est d'un emploi si répandu dans l'industrie minière et donne, en général, d'excellents résultats pour les autres types de houille et pour les minerais. Les essais auxquels il a été procédé, pour les anthracites de la zone intra-alpine, n'ont pas donné jusqu'ici de résultats concluants. Ce fait tient au mélange intime, dont le mécanisme a été expliqué plus haut, des particules combustibles et des particules stériles. Sous cet état de division extrême, ces deux éléments ont à peu près la même densité apparente. La séparation par gravité s'effectue mal, ou mieux ne s'effectue pas du tout.

V. — **Utilisation des anthracites alpins.** — Outre leur emploi, à peu près exclusif dans la région, pour l'alimentation des foyers domestiques, les anthracites alpins trouvent dans l'industrie un débouché qui s'accroît de jour en jour. Bien avant la guerre ces anthracites, surtout ceux du bassin de La Mure, avaient conquis une clientèle importante, non seulement dans l'industrie locale, mais encore au delà des limites du Dauphiné, dans la région lyonnaise, dans la vallée du Rhône, même à Genève et sur les bords du Léman. Depuis lors, malgré les restrictions apportées à leur transport sur voie ferrée par la crise du matériel roulant, leur emploi s'est généralisé à la presque totalité de notre industrie du Sud-Est.

La plus importante des utilisations industrielles est le *chauffage des générateurs de vapeur*. L'anthracite des Alpes peut, en effet, être brûlé normalement dans les foyers de chaudières à condition de prendre certaines précautions : usage d'anthracite en morceaux réguliers et bien dépoussiérés ; emploi de grille à grande surface et à barreaux serrés pour éviter les pertes au cendrier ; soufflerie d'air énergique sous la grille sous une pression de 25 à 40 mm d'eau ; humidification préalable de l'air soufflé, par pulvérisation d'eau ou par injection de vapeur, en vue de refroidir les barreaux et d'empêcher le collage des scories dans le cas des anthracites du bassin dauphinois ; enfin, installation au-dessus de la grille d'une voûte réfractaire dite « voûte d'allumage » lorsqu'on brûle des anthracites de la Tarentaise, de la Maurienne et du Briançonnais. Les constructeurs dauphinois sont aujourd'hui à même de fournir des foyers remplissant ces dernières conditions.

Les anthracites alpins sont aussi utilisés dans les *gazogènes industriels* pour la fabrication du gaz pauvre destiné à la production de la force motrice et à certains chauffages spéciaux de l'industrie métallurgique, par exemple à la soudure au chalumeau appliquée maintenant à la construction des conduites forcées et des grosses pièces de chaudronnerie.

Une autre utilisation, qui a pris dans la région une grande importance, est la *fabrication des ciments et des chaux*.

Enfin, comme nous le disions au début, l'anthracite alpin a trouvé un débouché dans les *fabrications du four électrique* où, sous l'influence de la crise actuelle des combustibles, il s'est substitué au coke.

Ces diverses utilisations prennent chaque jour un nouveau développement qui n'est arrêté que par l'insuffisance de la production. Il est donc à prévoir que, quand les nouvelles installations minières, que nous avons signalées plus haut, seront en exploitation, ce développement s'accélérera. On peut d'ailleurs espérer, et cet espoir, basé sur des considérations géologiques, s'est trouvé déjà confirmé par l'expérience, qu'au fur et à mesure de la pénétration des travaux dans la masse du houiller, on rencontrera des couches dont la constitution ayant eu moins à souffrir du plissement orogénique des Alpes et fournissant, par suite, un anthracite dont la qualité ira en s'améliorant jusqu'à se rapprocher de la qualité normale de ce combustible.

Mais, même dans le cas où cet espoir ne se réaliserait pas, la production du bassin houiller des Alpes est assurée d'un débouché capable de l'absorber, si importante qu'elle puisse devenir dans l'avenir : ce débouché est celui que nous signalions au début de cet article, la production thermique de l'énergie électrique pour compenser pendant les périodes de basses eaux la production insuffisante des usines hydro-électriques de la région. Nous venons de voir, en effet, que les anthracites alpins sont susceptibles, malgré leur médiocre qualité, d'être brûlés aussi bien dans les foyers de chaudières que dans les gazogènes ; d'ailleurs, il a été montré par de nombreux essais tout récents effectués en France, en

Digitized by Google

Angleterre, en Italie, ainsi que chez nos ennemis, que les combustibles dédaignés jusqu'ici à cause de leur mauvaise qualité sont néanmoins parfaitement aptes à la production économique de l'énergie électrique. La conception de M. G.-A. Maillet d'adjoindre aux usines hydrauliques de nos Alpes des usines thermiques alimentées par les anthracites de la région est donc techniquement et financièrement réalisable. Si l'on tient compte que, pendant l'hiver, la puissance dont disposent certaines usines hydro-électriques des Alpes n'est souvent que la moitié et parfois le tiers de la puissance installée, laquelle est d'ailleurs inférieure à la puissance disponible en hautes eaux, on conçoit que cette solution puisse conduire à une meilleure utilisation globale de nos richesses hydrauliques. D'autre part, il n'est pas inutile de faire observer que la main-d'œuvre locale, occupée pendant la belle saison aux travaux agricoles, est disponible en hiver: elle pourrait donc être avantageusement utilisée dans les usines thermiques et dans les mines les alimentant en combustible.

J. R.

Congrès général du Génie civil (*Suite*)

TRAVAUX DE LA SECTION X (*Suite et fin*)

Les ports francs (1).

L'expression de « ports francs » est généralement employée, mais il vaudrait mieux, pour le cas qui nous intéresse, employer le terme de zone franche, car il n'est nullement question de rétablir les ports francs et les villes franches qui existaient autrefois, mais simplement d'établir dans les ports des zones franches dans lesquelles les marchandises pourraient être entreposées et subir certaines transformations. Le rapporteur fait l'historique des ports francs et des tentatives qui ont été faites pour les rétablir. Il donne ensuite la définition suivante de la zone franche : « Le nom de port franc ou de zone franche est généralement donné à tout ou partie d'un port qui est déclaré neutre au point de vue douanier et où l'on peut, par conséquent, à son gré, débarquer les marchandises, les emmagasiner, les visiter, les soigner, les trier, les manipuler, les assortir, les acheter, les vendre, en disposer enfin, les réembarquer et les réexporter sans payer aucun droit de douane et sans procéder à aucune des formalités imposées par le contrôle de cette administration. La douane se borne à surveiller le périmètre et les issues de l'enceinte affranchie et à s'opposer aux introductions prohibées ou frauduleuses. »

M. Paul Govare, après avoir fait un exposé des plus intéressants des avantages que procureraient les zones franches au commerce français en prenant comme exemple la ville de Hambourg, émet un vœu en faveur du projet déposé en 1906 par M. Chaumet et dont voici le texte :

Article premier. — Dans les villes pourvues d'un port maritime, il peut être décidé, par décret rendu en Conseil d'État, après enquête, que les marchandises seront admises en franchise de tous droits de douanes et des taxes intérieures de consommation dans une position du port et des territoires adjacents.

Le décret précité ne peut intervenir que sur la demande de la Chambre de Commerce et après avis du Conseil municipal.

(1) Rapport de M. Paul Govare.

Le nombre des ports où les zones franches seront autorisées ne pourra être supérieur à six pour la France et l'Algérie.

Art. 2. — Les terrains dépendants du domaine public qui seront reconnus nécessaires pour le fonctionnement de la zone franche, en vue d'y établir des magasins ou des entrepôts, peuvent être concédés à la Chambre de Commerce par décret rendu au Conseil d'État.

En outre, des décrets peuvent déclarer d'utilité publique l'acquisition par la Chambre de Commerce, en dehors du domaine public, des terrains utiles à la bonne exploitation de la zone franche.

Il sera procédé à l'expropriation desdits terrains dans les formes prescrites par la loi du 3 mai 1841.

Art. 3. — Les propriétaires des terrains compris dans le périmètre de la zone franche pourront, dans le délai d'un mois à partir de la mise en demeure qui leur sera notifiée par la Chambre de Commerce, déclarer à la préfecture qu'ils entendent laisser, moyennant indemnité, lesdits terrains. L'indemnité à la charge de Chambre de Commerce sera fixée conformément à la loi du 3 mai 1841.

Au cas où des biens appartenant à des incapables où des départements, communes, établissements publics ou à l'État sont compris dans le périmètre, leur délaissement aura lieu conformément aux dispositions des paragraphes 3 et 4 de l'article 6 de la loi du 22 décembre 1888.

Art. 4. — La Chambre de Commerce doit, sur les terrains lui appartenant et sur ceux concédés par l'État, établir les magasins, hangars, voies ferrées et outillage nécessaires à la manutention, au transport et à l'emmagasinement des marchandises. Elle pourvoit à toutes les dépenses nécessitées par cette organisation, elle prend également à sa charge le supplément de frais auquel donne lieu la surveillance du périmètre de la zone franche par l'administration des douanes.

Pour l'indemniser des dépenses mises à sa charge, elle sera autorisée, s'il y a lieu, à percevoir à son profit des péages établis dans les conditions fixées par les lois des 9 avril 1898 et 7 avril 1902 et des droits de magasinage, de manutention et de transport conformément à des tarifs arrêtés après avis du Conseil municipal et du

Digitized by Google

ministre des Travaux publics, par le ministre du Commerce.

Au cas de suppression de la zone franche, les terrains, bâtiments et matériel d'exploitation, appartenant à la Chambre de Commerce et qui ne pourraient être utilisés pour la gestion de ses services, seront vendus par elle et le produit de cette vente sera appliqué à l'extinction des dettes ou emprunts contractés par la Chambre de Commerce, en vue de l'établissement de la zone franche.

Le surplus, s'il y a lieu, sera versé à l'État qui devra l'employer à exécuter les ouvrages du port, la Chambre de Commerce entendue.

Art. 5. — La Chambre de Commerce a la faculté de concéder temporairement l'usage de ses terrains à des particuliers ou à des sociétés qui se chargeraient de la construction et de l'entretien des bâtiments et de l'outillage prévus au paragraphe premier de l'article 4.

La concession est obligatoire lorsqu'il s'agit de l'établissement d'industries dont l'exercice est autorisé dans la zone franche.

Ces concessions sont approuvées, après avis du ministère des Travaux publics par le ministre du Commerce; elles ne peuvent être faites qu'à des Français, à des Sociétés effectivement françaises ayant dans le Conseil d'administration ou de surveillance une majorité des deux tiers effectivement française de citoyens français.

Art. 6. — Sont autorisées dans les zones franches toutes opérations de manutention, de triage, de mélange, d'assortiment et de manipulation, ainsi que toutes opérations de construction et usinage.

Art. 7. — Il est interdit d'habiter, de consommer et de vendre au détail dans les zones franches, sauf les exceptions visées au paragraphe 2 de l'article 9.

Il est également interdit d'y céder ou d'y louer aucun emplacement ou bâtiment à des personnes ou à des sociétés ne remplissant pas les conditions prévues au paragraphe 2 de l'article 5.

Art. 8. — Les marchandises qui passeront de la zone franche en territoire douanier seront soumises au tarif général des douanes en vigueur et aux surtaxes spécifiées dans la loi du 11 janvier 1892.

Art. 9. — Le décret instituant la zone franche déterminera :

1° Les limites de la zone, ses modes de clôture et les moyens de surveillance.

2° Les exceptions qui pourront être apportées aux dispositions de l'article 7 en faveur des agents chargés de la surveillance du personnel travaillant dans l'enceinte de la zone franche. Il ne pourra être livré à la consommation que des objets ou marchandises ayant acquitté les taxes fiscales.

3° Les marques, désignations ou signes distinctifs qui devront différencier les produits sortant de la zone franche des marchandises similaires d'origine exclusivement française.

Spécialement lorsque des vins ou eaux-de-vie seront expédiés de la zone franche, les fûts et les caisses devront porter en caractères indélébiles la mention zone franche.

4° Enfin, il portera l'approbation du cahier des charges comprenant toutes les autres mesures nécessaires pour assurer l'exploitation de la zone franche.

Art. 10. — Toute personne qui aura contrevenu ou tenté de contrevenir aux dispositions des articles 6, 7 et 8 de la présente loi sera punie d'une amende de 300 fr à 5000 fr; en cas de récidive, l'amende peut être portée au double. Les produits et marchandises sont confisqués.

Ces contraventions seront constatées comme en matière de douane.

Art. 11. — Sont et demeurent applicables dans les zones franches les lois du 28 juillet 1884 sur les altérations ou suppositions de noms en matière commerciale, du 23 juin 1857 sur les marques de fabrique et de commerce, du 26 novembre 1873 sur les timbres ou signes apposés sur ces marques, les traités et arrangements internationaux pour la protection de la propriété industrielle, et enfin tous les articles de lois ou de règlements en vigueur dans les ports maritimes, en ce qu'ils ne sont pas contraires aux dispositions de la présente loi.

En outre, sont interdits dans les zones franches :

1° Toute apposition sur des produits originaires de l'étranger, soit en totalité, soit par partie, naturels ou fabriqués, sur leurs enveloppes, étiquettes, marques, etc., sur les imprimés ou écrits s'y rattachant, d'un signe ou d'une désignation ou indication quelconque de nature à faire croire que lesdits produits proviennent intégralement du territoire français ou du territoire d'une colonie ou possession française;

2° Tout usage de signes, désignations ou indications précités et tout acte de vente ou mise en vente des produits ci-dessus mentionnés portant ces signes, désignations ou indications.

La saisie des objets illicites sera faite conformément aux dispositions de l'article 19 de la loi du 23 juin 1857.

Toute infraction à ces interdictions sera punie d'une amende de 50 à 2000 fr et d'un emprisonnement d'un mois à un an ou de l'une de ces deux peines seulement.

Art. 12. — L'article 463 du Code pénal est applicable aux infractions prévues par la présente loi.

Le concours que les œuvres d'initiative privée peuvent apporter aux pouvoirs publics (1).

Le rapporteur expose d'abord les services que rendent à l'Administration des Travaux publics (division des mines) dans son œuvre de sécurité publique les Associations de propriétaires d'appareils à vapeur.

Ces associations ont été créées en France vers 1875 sur le modèle de l'Association alsacienne fondée en 1867. Elles étudièrent les causes des accidents de chaudières et aboutirent à des résultats si importants que l'Administration des Travaux publics, par le décret du 30 avril 1880, rendit obligatoires les visites intérieures des chaudières et autorisa le service des mines à ne pas exiger l'épreuve dans les cas prévus à l'article 3 : « lorsque des renseignements authentiques sur l'époque

(1) Rapport de M. Ch. Compère.

Digitized by Google

et les résultats de la dernière visite, intérieure et extérieure, constitueront une présomption suffisante en faveur du bon état de la chaudière. Pourront être notamment considérés comme renseignements probants les certificats délivrés aux membres des Associations de Propriétaires d'Appareils à vapeur par celles de ces Associations que le ministre aura désignées. »

Ce décret favorisa le développement des Associations qui rendirent de si grands services que l'autorité décida de les encourager le plus possible ; la circulaire ministérielle d'envoi du décret en date du 21 juillet 1880 disait : « Depuis plusieurs années, des Associations de Propriétaires d'Appareils à vapeur se sont formées sur divers points du territoire pour se procurer une surveillance efficace au point de vue de la sécurité et de l'économie ; il convient d'encourager cette tendance salutaire et d'appeler, dans une certaine mesure, les institutions de ce genre à prêter leur concours à l'Administration. Dans les régions où se trouveraient des Associations présentant toute garantie, l'attention des ingénieurs des mines devra naturellement se porter de préférence sur les appareils non surveillés officieusement. »

Les circulaires ministérielles du 23 avril 1887 et du 23 septembre 1895 ont admis des atténuations dans la démolition complète des maçonneries de fourneau pour les épreuves sur le lieu d'emploi, quand les inspecteurs des Associations collaborent à l'examen pendant ces épreuves.

Enfin, le décret du 9 octobre 1907, qui a remplacé celui du 30 avril 1880 dit dans son article 3 : « il peut être sursis à la réépreuve décennale, sur l'autorisation de l'ingénieur des mines, lorsqu'une Association de Propriétaires d'Appareils à vapeur, agréée à cet effet par le ministre, certifie le bon état de l'appareil dans toutes ses parties. »

Cette dernière disposition a été appliquée sur une grande échelle depuis la guerre et a rendu d'immenses services. Le rapporteur estime même que l'Etat trouverait tout avantage à confier le poinçonnage des chaudières à des Associations présentant toutes garanties.

M. Ch. Compère après examen des législations étrangères propose le système suivant : poinçonnage des chaudières neuves par l'Etat ; renouvellement des épreuves des chaudières en service par les Associations de Propriétaires d'Appareils à vapeur, avec appel à leur concours pour les chaudières non associées dont le nombre d'ailleurs diminuerait ainsi de plus en plus. Ce système cadrerait du reste avec le libellé des procès-verbaux officiels d'épreuves qui contiennent une mention spéciale du concours des Associations ; il serait beaucoup plus simple, car les épreuves seraient faites à la diligence des industriels et plus aisément que lorsqu'il s'agit de convoquer à la fois l'Administration et une Association.

Naturellement, l'Administration continuerait à exercer son contrôle sur le fonctionnement des Associations, à vérifier l'exécution des prescriptions réglementaires et elle resterait chargée des enquêtes en cas d'accidents.

Les Associations cherchent également à faire réaliser à leurs adhérents des économies de charbon ; elles y arrivent par des essais de rendement sur les charbons, sur les chaudières et les machines, par des leçons de chauffe, par leurs conseils sur la production et l'emploi de la vapeur chez leurs adhérents.

Le rapporteur se demande pourquoi, dans la législation du travail, on n'a pu laissé jouer, dans la prévention des accidents du travail, un rôle analogue à celui des Associations de Propriétaires d'Appareils à vapeur à l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail et aux Associations fondées dans le même but.

Cependant le bureau Veritas a été reconnu par arrêté ministériel pour l'exécution de la loi du 17 avril 1907 concernant la sécurité de la navigation maritime et la réglementation du travail à bord des navires de commerce. Dans le décret du 19 septembre 1908, promulgué pour l'application des articles 53 et 54 de la loi, il est dit, article 62 : « sont dispensés des visites, constatations et essais prévus aux articles qui précèdent, les navires dont les propriétaires ont joint à la demande de permis de navigation un certificat délivré par une société de classification reconnue par le ministre de la Marine et établissant que le navire possède la première cote ».

En présence des résultats obtenus avant la guerre et surtout depuis la guerre par le concours que les œuvres d'initiative privée ont apporté aux pouvoirs publics, le rapporteur estime que ce concours doit être étendu aux diverses branches de l'industrie et considérablement développé et, comme conclusion à ce qui précède, il émet le vœu suivant :

1° Lorsque des groupements présentant toutes garanties se sont formés pour l'application des règlements administratifs de l'industrie, il est désirable que l'Administration confie à ces groupements tout ce qui n'est pas absolument indispensable qu'elle fasse elle-même ;

2° En ce qui touche, en particulier, les Associations de Propriétaires d'Appareils à vapeur, l'Administration, pour encourager davantage leur développement, pourrait se décharger sur elles du poinçonnage des appareils en service.

Sur le projet de loi assurant la réparation des dommages subis par les victimes civiles des accidents causés par la guerre ou consécutifs à la guerre (1).

Nous ne donnerons, faute de place, que le vœu adopté le 26 décembre 1917 par la quatrième sous-section de la dixième section du Congrès du Génie civil, vœu dont le texte est le suivant :

1° Les accidents survenus par le fait de la guerre ou consécutivement à la guerre donnent droit, au profit de la victime ou de ses représentants, à une indemnité calculée et attribuée selon les règles qui suivent.

2° En ce qui concerne les ouvriers et employés des deux sexes travaillant dans les établissements, usines et entreprises visés par l'article premier de la loi du 9 avril 1898, l'indemnité sera fixée conformément aux disposi-

(1) Rapport de M. F. Maisié.

Digitized by Google

tions de ladite loi et de celles qui l'ont étendue ou en ont réglé l'application.

3° En ce qui concerne toutes les autres victimes, l'indemnité sera fixée d'après leurs conditions particulières ou professionnelles et d'après leur situation de famille, en appliquant par analogie les mêmes dispositions de la loi du 9 avril 1898.

4° L'indemnité sera pour les trois quarts à la charge de l'Etat et pour le quart à la charge du chef d'entreprise si la victime est ouvrier ou employé. Elle sera pour la totalité à la charge de l'Etat si la victime n'appartient pas à la précédente catégorie.

5° Il sera interdit de se prévaloir à raison des accidents survenus par le fait de la guerre ou consécutifs à la guerre d'aucune disposition autre que celles de la présente loi.

6° Un fonds spécial de garantie analogue à celui prévu par les articles 24 et suivants de la loi du 9 avril 1898 applicable au quart de l'indemnité mis à la charge du chef d'entreprise par l'article 4, sera institué à raison des accidents prévus par la présente loi et sera alimenté, soit par l'adjonction de centimes au principal de la contribution des patentes, soit par une augmentation proportionnelle de la contribution qui viendrait à remplacer celle des patentes.

7° Après apurement complet et définitif du fonds spécial prévu par le précédent article, le reliquat éventuel sera versé au fonds de garantie créé en vertu de l'article 24 de la loi du 9 avril 1898.

Sur une modification de la loi du 30 janvier 1907 relative aux émissions des valeurs mobilières (1).

La loi des finances du 30 janvier 1907, en vue de protéger l'épargne publique lors des émissions de valeurs mobilières, a prescrit dans son article 3 que « l'émission, l'exposition, la mise en vente, l'introduction sur le marché en France d'actions, d'obligations ou de titres, de quelque nature qu'ils soient, de sociétés françaises ou étrangères », doit être précédée, avant toute mesure de publicité, de l'insertion « dans un bulletin annexe au *Journal officiel* » d'une notice qui contient, notamment (art. 3, § 2, n° 7), le dernier bilan certifié pour copie conforme ou la mention qu'il n'en a pas été dressé encore; elle certifie, en outre, que les affiches, prospectus et circulaires qui annoncent l'apparition de nouveaux titres et leurs offres au public doivent reproduire les énonciations de la notice.

La garantie offerte par la loi du 30 janvier 1907 est insuffisante, car la certification de la copie conforme n'atteste que la fidélité de la reproduction d'un document comptable, sans garantir la valeur intrinsèque de ce dernier, il n'y a donc aucune certitude quant à la sincérité du bilan qui peut être dressé de façon à être soustrait à toute investigation d'un public étranger à la technique comptable.

Pour remédier à cette situation qui stérilise les efforts tutélaires du législateur, il semble qu'il faut avoir recours à un technicien qui aurait pour mission de s'assurer de la sincérité du bilan et de le présenter sous une forme intelligible pour le lecteur. La question revient à chercher une formule législative qui définisse le choix du technicien.

Le rapporteur propose d'adopter une solution semblable à celle en vigueur pour le contrôle des machines et appareils à vapeur. L'Etat accorderait, après enquête, son agrément à une association de comptables et en surveillerait le fonctionnement; les membres de cette Association pourraient, sous le contrôle disciplinaire du groupement, procéder à la vérification des bilans avant leur insertion dans la notice prescrite par la loi du 30 janvier 1907; l'Etat n'interviendrait qu'au troisième degré, au-dessous de l'Association dont l'action s'exercerait au deuxième degré pour surveiller chacun de ses membres opérant au premier degré; le ministre du Commerce remplirait ces fonctions dévolues au ministre des Travaux publics par le décret relatif aux appareils à vapeur en vue de retirer ou d'accorder l'agrément à une Association de cette nature.

Conditions à remplir par une Association de comptables pour obtenir l'agrément officiel. — Une telle Association serait constituée sous le régime de la loi du 1er juillet 1901. Ses statuts devraient lui assigner pour but exclusif le recrutement sélectionné et la surveillance rigoureuse de comptables aussi recommandables par leur compétence que par leur moralité; ceux-ci devraient avoir exercé la profession d'expert-comptable et avoir acquis la pratique des affaires; l'Association ne les admettrait que sur la présentation de trois parrains, après enquête, rapport et vote favorable de l'Assemblée générale statuant au scrutin secret et à la majorité des trois quarts des voix. Un conseil de discipline garantirait, après admission, le maintien des qualités morales exigées du candidat; il pourrait prononcer l'exclusion, sauf recours du comptable devant une Assemblée générale extraordinaire convoquée dans un délai de deux mois. L'Association ne devrait s'ingérer dans les opérations judiciaires ou autres, dont ses membres seraient chargés, ni leur prêter son concours en vue de la recherche de missions ou d'emplois.

Devoirs des membres de l'Association. — Les membres de l'Association ne devraient se livrer à aucune opération commerciale ni accepter aucune situation qui les priverait en fait ou même seulement en apparence de l'entière indépendance nécessaire à la sauvegarde et au bon renom de leur impartialité.

Conclusion. — Comme conclusion à son rapport, M. Maurice Bellom propose la modification suivante : au numéro 7 du paragraphe 2 de l'article 3 de la loi du 30 janvier 1907 :

« Le dernier bilan certifié sincère par un membre d'une association de comptables agréée par le ministre du Commerce ou la mention qu'il n'en a pas été dressé encore. »

(*A suivre.*)

(1) Rapport de M. Maurice Bellom.

Digitized by Google

Assemblées générales

Compagnie générale de Travaux d'Éclairage et de Force.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 29 AVRIL 1918.

Les comptes de l'exercice 1917 font apparaître un bénéfice industriel de 355955,05 fr plus élevé de 140869,49 fr que celui de l'année précédente, et inférieur seulement de 39386,31 fr au bénéfice de l'exercice 1913.

Le chiffre des affaires atteint 2836133,34 fr.

En vue de l'essor que prendra l'industrie électrique après la guerre, la Société se propose d'augmenter ses ressources financières en portant son capital à 2500000 fr.

Le total des bénéfices atteint 370 188,26 fr en y ajoutant le report de l'an dernier; sur cette somme, 126778,55 fr sont versés aux amortissements et 65000 fr aux réserves.

Etant donnée l'augmentation des bénéfices un dividende de 10 pour 100, soit 25 fr par action, est distribué.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Fonds de commerce, matériel, outillage, etc	8 »
Immeubles	247 870,90
Matières premières et marchandises en magasin.	778 285,83
Matériel en location	313 143,22
Titres en portefeuille	75 358,30
Emprunt de la Défense nationale 5 pour 100	87 316,75
Cautionnements et loyers d'avance	21 287,60
Espèces en caisse et dans les banques	236 408,73
Effets à recevoir	20 098,05
Débiteurs et travaux en cours	1 872 304,26
	3 652 081,64

Passif.

	fr
Fonds social	1 500 000 »
Créditeurs divers	930 398,79
Effets à payer	15 360,55
Coupons et dividendes à payer	39 095,44
Cautionnements à rembourser	27 038,60
Réserve légale	150 000 »
Réserve pour créances douteuses	70 000 »
Réserve pour complément d'assurances, incendies.	145 000 »
Réserve de prévoyance	405 000 »
Solde de l'exercice 1917	370 188,26
	3 652 081,64

Société générale de Forces motrices et d'Éclairage de la ville de Grenoble.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 30 AVRIL 1918.

Les recettes ont été de 6188 48,33 fr, en augmentation de 10869,38 fr sur celles de l'année dernière. Déduisant les frais généraux et les frais d'exploitation, 356962,44 fr, ainsi que le montant des obligations sorties au tirage, 418562,14 fr, il reste à reporter 200285,89 fr sur lesquels il est prélevé 15014,29 fr pour les réserves.

En ajoutant le report de 1916 le total forme 190955,41 fr.

Un dividende de 6 pour 100 est attribué aux actions de priorité, soit 126000 fr; il reste à répartir 64955,41 fr.

Le Conseil propose de verser 40000 fr au compte d'amortissement des frais de premier établissement et de distribuer 1,50 fr pour 100 aux actions ordinaires.

Le solde à reporter à nouveau est de 4330,41 fr.

Le Conseil fait part aux actionnaires de l'indemnité forfaitaire de 20000 fr accordée par la ville de Grenoble à la Société pour compenser les charges d'augmentation de salaires et d'indemnités de vie chère qu'elle a dû accorder au personnel.

La Société est également en pourparlers avec la Compagnie électrique de la Loire et du Centre pour obtenir une amélioration du contrat existant avec cette Compagnie.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Entreprise d'éclairage de la ville de Grenoble	723 165,99
En caisse	1 016,80
En banque	205 014,80
Abonnés et débiteurs divers	508 595,43
Ville de Grenoble (somme avancée à la ville)	1 939 845,50
Terrains et chutes	304 541,40
Immeubles industriels	300 148,60
Installations hydrauliques	2 005 713,64
Usine de Pont-Haut	471 951,23
Petit matériel et outillage	6 033,16
Lignes de transport d'énergie	306 695,69
Mobilier	2 353,35
Marchandises en magasin	564,20
Impôts sur actions	25 896,77
Portefeuille	1 000 »
Frais de constitution	277 619,33
Frais de premier établissement	719 439,18
Frais d'émission	263 485,45
Prime de remboursement des obligations	200 125 »
Frais de transformation	454 853,77
Réfection de la ligne de Livet	87 210,04
	8 803 269,33

Passif.

	fr
Capital-actions	3 475 000 »
Obligations	4 002 500 »
Créanciers	477 706,64
Coupons à payer	191 933,01
Obligations à rembourser	72 975 »
Provision pour reconstitution du capital emprunt.	215 310,15
Réserve légale	83 650,63
Réserve spéciale	78 134,11
Profits et pertes :	
Report de l'exercice 1916	5 683,81
Bénéfices de l'exercice 1917	200 285,89
	8 803 269,33

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Que faut-il entendre par l'emploi accessoire du courant pour la lumière dans les locaux industriels

Arrêt de la Cour d'Appel de Grenoble du 26 décembre 1917.

On sait que l'article 8 de la loi du 15 juin 1906 permet à l'abonné de force motrice d'employer accessoirement l'énergie électrique pour l'éclairage des locaux dans lesquels l'énergie est utilisée pour la force motrice. Jusqu'à présent aucun document de jurisprudence n'avait paru sur l'interprétation de cet article; un arrêt de la Cour d'Appel de Grenoble en date du 26 décembre 1917, cassant très justement un jugement du Tribunal de Commerce de la même ville (1), *vient de donner une solution dont l'importance n'échappera à aucun électricien, qu'il soit distributeur lui-même ou simple consommateur du courant électrique.*

L'arrêt de la Cour d'appel de Grenoble est intervenu dans des circonstances extrêmement intéressantes que l'on doit connaître si l'on veut avoir un renseignement exact sur la véritable physionomie de l'affaire. Depuis de longues années, la Société de Force et Lumière faisait la distribution du courant dans la ville de Rive-de-Gier comme concessionnaire de la distribution d'énergie pour l'éclairage public et privé et pour la force motrice. Elle exigeait naturellement de la Société dite des Établissements Arbel le prix porté dans son cahier des charges et reproduit dans une police, correspondant à la fourniture du courant utilisé sous forme de force motrice.

D'autre part, le directeur de cette usine, M. Champailler avait loué une villa appartenant à un des membres de la Société et, pour éclairer cette demeure, il avait comme tout le monde souscrit une police personnelle pour l'éclairage électrique, c'est-à-dire à des prix beaucoup plus élevés que ceux qui sont pratiqués pour la force motrice. Cette double situation, fort nette d'ailleurs, n'avait jamais engendré de difficulté, lorsqu'un jour la Société des Établissements Arbel fit l'acquisition de la villa occupée par M. Champailler et la consacra aux besoins administratifs de la Société, c'est-à-dire aux réunions du conseil d'administration et au logement des administrateurs venant séjourner pour les affaires de la Société dans son centre d'exploitation: en tout cas, il n'était en aucune façon discuté que le courant dans cette villa n'avait aucune utilisation comme force motrice et continuait à être utilisé sous forme d'éclairage. La Société de Force et Lumière qui a deux tarifs, l'un pour la force motrice et l'autre pour la lumière et qui n'a jamais défendu l'emploi accessoire de la lumière dans les locaux où la force motrice est utilisée, fit présenter à la Société des Établissements Arbel une police relative à l'éclairage de la villa, en priant la Société de signer cette police et en lui faisant remarquer qu'elle n'était que la continuation de la police de M. Champailler, de même que l'utilisation par la Société du courant fourni n'était que la continuation de l'utilisation faite par M. Champailler, sous forme d'éclairage.

La Société des Établissements Arbel émit l'étrange prétention de soutenir que la villa, précédemment occupée par M. Champailler avait été englobée du fait de son acquisition par la Société dans l'établissement industriel et que, par conséquent, tout le courant pénétrant dans les établissements, même la partie utilisée sous forme de lumière dans le local réservé à l'administration pour ses conférences et pour le logement des administrateurs devait être réglé au prix du courant industriel de force motrice.

On se demande comment le Tribunal de Commerce avait pu admettre cette prétention dans son jugement du 1er décembre 1916, étant donné que le courant utilisé sous forme de lumière dans une maison d'habitation ne peut être assimilé à l'emploi accessoire fait dans un local où l'énergie est utilisée : on n'utilise évidemment pas de force motrice dans une maison d'habitation ou, si on l'utilise, cela ne peut être que pour un ventilateur ou un monte-charge, et l'éclairage ne peut être considéré comme un accessoire ; ce serait plutôt la faible énergie consommée par ces appareils qui serait l'accessoire de la lumière. La Cour d'appel de Grenoble a déclaré catégoriquement d'abord que rien n'autorisait la Société Arbel à donner une interprétation extensive à l'article 8, étant donné que ses termes, au contraire, sont restrictifs et qu'un bâtiment d'habitation ne se rattache pas plus à l'usine qu'une cité ouvrière ne s'y rattacherait.

Nous n'hésitons pas à donner le texte intégral de l'arrêt parce que rien n'existe encore comme document

(1) Voir *R. G. E.* 27 janvier 1917, t. I, p. 160.

Digitized by Google

de jurisprudence sur ce point et que, d'autre part, la question est suffisamment importante pour que l'on puisse présenter cette décision à un tribunal comme un document très étudié.

Arrêt du 26 décembre 1917 de la Cour d'appel de Grenoble, première Chambre civile.

FORCE ET LUMIÈRE CONTRE ARBEL

Attendu que, suivant un contrat remontant au mois de novembre 1906, la Société des Etablissements Arbel s'est abonnée à la Société de Force et Lumière pour la fourniture d'une quantité considérable d'énergie électrique destinée à servir de force motrice à son usine de Rive-de-Gier; que quelques mois plus tard, la Société de Force et Lumière est devenue concessionnaire avec monopole, dans les conditions prévues par l'article 8 de la loi du 15 juin 1906, de l'éclairage public et privé de la commune; que la question posée au procès est celle de savoir si la Société Arbel est en droit, sans souscrire une police spéciale d'éclairage dont le tarif est beaucoup plus élevé, de prendre sur son courant de force motrice la quantité d'énergie nécessaire pour éclairer une villa qu'elle a récemment achetée et englobée dans ses établissements;

Attendu que la prétention de la Société Arbel pourrait être difficilement soutenable si l'on devait s'en tenir au contrat originaire de 1906 qui avait pour objet unique la fourniture de la force motrice, ainsi que cela résulte de l'intitulé du texte imprimé des conditions générales faisant partie de la police, et dont l'article 4 portait interdiction d'employer le courant à aucun autre usage;

Mais qu'il semble bien résulter de l'exécution donnée par les parties au contrat pendant dix ans qu'elles ont dérogé dans une certaine mesure à cette clause et qu'elles s'accordent à reconnaître aujourd'hui qu'elles sont régies par les conditions du cahier des charges de la concession obtenue par la Société de Force et Lumière et surtout par la disposition de l'article 8 précité de la loi de 1906, expressément appliquée et reproduite dans l'article premier, paragraphe 2 dudit cahier des charges;

Attendu que l'article 8 *in fine* pose en principe que le privilège des concessionnaires d'éclairage ne s'étend pas à l'emploi de l'énergie à tous usages autres que l'éclairage ni à son emploi accessoire pour l'éclairage des locaux dans lesquels l'énergie est ainsi utilisée, qu'il en résulte que les locataires de force motrice ont le droit d'éclairer ces locaux en se servant de leur courant spécial et sans avoir à traiter avec le bénéficiaire du monopole; qu'il s'agit par suite de rechercher si la villa, ci dessus spécifiée, rentre dans les locaux spécifiés par le législateur;

Attendu que la Société Arbel, interprétant très largement ce terme générique, l'entend en ce sens que l'éclairage peut être donné à tous les locaux industriels de l'abonné à la force motrice, dès l'instant où il est pratiqué dans les bâtiments faisant partie de l'usine et où il devient ainsi un accessoire de l'industrie.

Que cette thèse générale paraît trop absolue et pourrait conduire à des résultats contraires à l'esprit de la loi dont le but révélé par les travaux préparatoires, a été de concilier, dans une mesure raisonnable et évitant tout abus, les besoins de l'industriel et le privilège accordé dans un intérêt public au concessionnaire de l'éclairage; que la question ne peut être résolue qu'en s'inspirant dans chaque cas particulier de la nature et de la destination du local, objet de la contestation;

Attendu qu'il résulte des documents de la cause que la villa litigieuse avait été construite sur le terrain de la Société par un de ses administrateurs pour son usage personnel, qu'elle avait été ensuite louée au directeur de l'usine pour son habitation et celle de sa famille, et que le locataire avait souscrit une police spéciale pour son éclairage électrique; qu'en 1915, la Société a jugé opportun de l'acquérir et de la comprendre dans l'enceinte de ses établissements, mais qu'il est constant qu'elle lui a maintenu en fait son affectation d'habitation personnelle pour certains de ses agents ou visiteurs et qu'on ne s'y livre à aucun travail mécanique; que son caractère de maison d'habitation n'est nullement modifié par le fait qu'on y aurait réservé un local pour les assemblées exceptionnelles du conseil d'administration, lequel se réunit ordinairement au siège social à Paris;

Attendu qu'un tel bâtiment ne se rattache qu'indirectement et occasionnellement à l'usine et à l'utilisation de la force motrice; qu'il n'est pas plus indispensable à son fonctionnement industriel que ne le serait, le cas échéant, une cité ouvrière destinée au logement de tout le personnel travaillant dans l'ensemble de l'établissement; qu'on ne saurait sans abus le considérer comme rentrant dans les termes de la définition légale et le soustraire au privilège du concessionnaire de l'éclairage;

Attendu que la circonstance que la Société de Force et Lumière réunit en l'espèce la double qualité de concessionnaire du droit d'utiliser les voies publiques de la commune pour la transmission de son courant de force motrice et de concessionnaire privilégié de même droit pour la transmission du courant d'éclairage ne change rien à la situation et ne l'empêche nullement de se prévaloir de son privilège contre son abonné à la force motrice, dès lors qu'elle ne se l'est point interdit et qu'elle se l'est même plutôt réservé dans le contrat originaire de 1906;

Attendu, par suite, que c'est à tort que la Société Arbel s'est refusé depuis son acquisition à payer au tarif lumière la consommation d'énergie électrique faite pour l'éclairage de sa villa, et qu'à cet égard la demande en paiement formée contre elle et dont le chiffre n'est pas contesté doit être accueillie;

Attendu toutefois qu'il n'est pas justifié qu'elle ait enlevé le compteur ni commis une voie de fait quelconque; qu'elle n'est pas en faute non plus pour avoir résisté de bonne foi à la prétention de son adversaire et soumis la question à la justice; qu'elle n'est donc passible d'aucun dommage-intérêt;

Attendu qu'on ne saurait non plus lui imposer un abonnement ni surtout déclarer que le présent arrêt en tiendra lieu; qu'il suffit de constater que l'éclairage de la ville pourra lui être supprimé si elle ne souscrit pas la police spéciale à cet effet.

Attendu qu'il peut être donné acte à la Société de Force et Lumière de ses réserves de retirer la tolérance dont elle aurait usé envers son abonné au sujet de l'éclairage d'autres locaux de l'usine ne rentrant pas suivant elle dans la définition de l'article 8 précité, mais qu'il n'est pas inutile d'observer que cette disposition ne préjugera en rien la question de savoir s'il s'agissait d'une simple tolérance, comme elle le prétend, ou d'un droit comme le soutient la Société intimée;

Attendu que cette Société qui succombe doit supporter les dépens;

Par ces motifs:

La Cour,

Infirmant le jugement entrepris;

Digitized by Google

Condamne la Société des Etablissements Arbel à payer à la Société de Force et Lumière avec intérêts de droit :

1° La somme de 182,05 fr, montant, fin avril 1916, de la consommation d'énergie absorbée par l'éclairage de la villa litigieuse, y compris le coût de la location du compteur ;

2° Le prix de la quantité d'énergie consommée pour le même éclairage depuis le 1er mai 1916, et qui sera fixé par état ;

Donne acte, sous le bénéfice des observations ci-dessus, à la Société de Force et Lumière de ses réserves de retirer à la Société des Etablissements Arbel sa prétendue tolérance au sujet de l'éclairage de locaux de l'usine ne rentrant pas dans la définition de l'article 8 de la loi du 15 juin 1906 ;

Déboute les parties de tous autres chefs de conclusions ;

Condamne la Société des Etablissements Arbel à tous les dépens de première instance et d'appel, distraits au profit de Me Rabatel, avoué, sous ses dues affirmations ;

Ordonne toutefois la restitution de l'amende consignée.

Nous sommes heureux de constater l'accord de la jurisprudence et de la doctrine la plus autorisée.

Paul BOUGAULT,
Avocat à la Cour d'Appel de Lyon

Législation, jurisprudence, réglementation

Arrêté fixant le tarif des opérations effectuées par le Bureau de Contrôle et d'Essais électrotechniques de l'Université de Toulouse.

En rendant compte dans un précédent numéro (27 avril 1918, t. III, p. 602) de la séance du 3 janvier 1918 du Comité technique de la Société hydrotechnique de France, nous signalions la création d'un Service d'essais hydrauliques à Toulouse, et ajoutions que, par arrêté ministériel, les tarifs de ce Service étaient conformes à ceux du Service d'essais qui fonctionne à Grenoble depuis plusieurs années. Nous reproduisons ci-dessous cet arrêté du ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, pris en date du 10 novembre 1917, à la suite d'une délibération du Conseil de l'Université de Toulouse du 26 octobre proposant l'établissement d'un tarif spécial pour les opérations effectuées pour la Société hydrotechnique de France.

ARTICLE PREMIER. — Est approuvée la délibération susvisée du Conseil de l'Université de Toulouse fixant ainsi qu'il suit le tarif des rétributions à percevoir pour les opérations effectuées par le Bureau de contrôle et d'essais électrotechniques de cette Université pour la Société hydrotechnique de France.

1° *Travaux effectués au laboratoire.*

Temps passé au laboratoire :

Pour un opérateur, la journée de 8 heures	15 fr
Pour un opérateur, la demi-journée de 4 heures	8
Pour un aide, la journée de 8 heures	8
Pour un aide, la demi-journée de 4 heures	5

En outre, l'énergie utilisée au laboratoire sous une forme quelconque (gaz, vapeur, électricité) sera facturée au prix de revient ; de même des fournitures diverses avancées par le service seront comptées au prix de revient.

2° *Travaux effectués au dehors.*

Déplacement d'un ingénieur :

Une journée, deux vacations à 15 fr l'une	30 fr
Une demi-journée, 6 heures, 1 vacation	15

Déplacement d'un inspecteur :

Une journée, deux vacations, à 8 fr l'une	16 fr
Une demi-journée, 6 heures, 1 vacation	8

Nota. — La journée et la demi-journée sont comptées depuis le départ de Toulouse jusqu'au retour à Toulouse.

En sus, le remboursement des frais de déplacement calculés à raison de :

1° Du voyage aller et retour en chemin de fer (1re classe pour les ingénieurs et 2e classe pour leurs aides de toutes catégories) ou en tramway (1re classe), des débours de toute nature occasionnés par l'emploi des voitures publiques ou privées et par les frais de transport du matériel destiné aux essais.

2° D'une indemnité de déplacement et de séjour du personnel calculée à raison de 20 fr par jour et de 10 fr par demi-journée pour un ingénieur et de 10 fr par jour et 5 fr par demi-journée pour un inspecteur.

3° *Rédaction du rapport.*

La rédaction du rapport sera comptée à raison de deux vacations de 12 fr pour un ingénieur et de 6 fr pour un inspecteur par journée de travail.

ART 2. — Le présent arrêté aura son effet à dater du 1er décembre 1917.

Arrêté fixant la composition de la Commission technique de la télégraphie sans fil.

Le « Journal officiel » du 3 mai 1918 publie, p. 3862, l'arrêté suivant pris en date du 5 avril 1918 :

Par un arrêté du ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, de la Marine marchande et des Transports maritimes, en date du 5 avril 1918, ont été désignés pour faire partie de la Commission technique interministérielle de la télégraphie sans fil :

Pour le ministère de la Marine.

M. le capitaine de vaisseau Lauxade, sous-chef d'état-major.
M. le capitaine de frégate Somborn.
M. le lieutenant de vaisseau Laloy.

Pour le ministère de la Guerre.

M. le colonel Ferrié.
M. le lieutenant-colonel Cartier, chef de service du chiffre (cabinet du ministre).
M. le lieutenant-colonel Godinot, de l'état-major de l'armée.

Pour le ministère des Colonies.

M. Colin, sous-directeur.
M. le capitaine Brenot.

Pour le ministère des Affaires étrangères.

M. le baron de Berckheim, ministre plénipotentiaire.
M. Péan, consul général.

Digitized by Google

Pour le ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, des Transports maritimes et de la Marine marchande.

(Section des Postes et des Télégraphes.)

M. Louis Pasquet, secrétaire général des Postes et des Télégraphes.
M. Villeroy, directeur de l'exploitation télégraphique.
M. Augier, chef du bureau à l'exploitation télégraphique.

(Section du Commerce et de l'Industrie.)

M. Charmeil, directeur du personnel, des expositions et des transports.
M. Giraud, chef du service du personnel au commissariat des Transports maritimes et de la Marine marchande.

Pour le ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts.

M. Paul Janet, professeur à la Faculté des sciences.
M. Abraham, professeur à la Faculté des sciences.

Pour le ministère de l'Intérieur.

M. Haverna, commissaire spécial attaché à la Sûreté générale.

Pour le ministère des Travaux publics.

M. Ribière, inspecteur général des Ponts et Chaussées, directeur du service des phares et balises.

Création d'un Comité des machines-outils et de l'outillage mécanique.

Les décrets des 17 et 24 janvier 1918 et 19 février 1918 ont centralisé sous une direction unique toutes les questions se rapportant à l'étude et à l'application des mesures destinées à assurer dans les meilleures conditions possibles la satisfaction des besoins nationaux en matières premières. Cette direction a été confiée à un Comité interministériel composé des représentants des administrations intéressées, d'industriels et commerçants; un secrétariat a été chargé de l'application des décisions du Comité.

Pour les mêmes raisons, il vient d'être décidé de prendre des mesures analogues en ce qui concerne les machines-outils et l'outillage mécanique pour remplacer, en étendant ses moyens et ses attributions, le « Comité de l'outillage mécanique » antérieurement créé par l'arrêté interministériel du 7 mai 1917 pris par les ministres du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes et de l'Armement et des Fabrications de guerre. Les diverses Administrations conserveront leur autonomie, prévoiront leurs besoins, passeront leurs marchés et en surveilleront l'exécution dans les conditions actuelles. De plus, pour satisfaire les besoins de l'armée on pourra faire appel à la loi du 3 juillet 1877.

Les nouvelles dispositions sont refermées dans le décret du 11 avril 1918 publié dans le « Journal officiel » du 14 avril 1918 et dont voici le texte :

Article premier. — Il est créé au ministère de l'Armement un Comité interministériel des machines-outils et de l'outillage mécanique qui a pour mission de :

1° Déterminer, centraliser, coordonner et contrôler les besoins nationaux en machines-outils et en outillage mécanique.

La détermination des besoins sera faite dans chaque cas par le service intéressé;

2° Améliorer les conditions de la fabrication en France des machines-outils et de l'outillage mécanique en tenant compte des besoins de la défense nationale du matériel industriel, des matières premières, de la main-d'œuvre nationale disponibles; de l'utilisation des usines de guerre et des besoins du pays après la guerre et prendre toutes mesures pour assurer la réalisation de ce programme.

3° Fixer la marge des bénéfices des commerçants et des constructeurs de machines-outils et d'outillage mécanique.

4° Indiquer les outils et l'outillage mécanique qu'il y aura lieu d'importer de l'étranger tant pour les besoins des services de l'Etat que pour les besoins civils, en fixer les quantités en tenant compte de la production française et des restrictions indispensables;

5° Régler les ordres d'urgence, tant en France qu'à l'étranger, pour les achats, transports et fabrications, étant entendu que les machines-outils et l'outillage mécanique destinés à la défense nationale auront la priorité dans la limite des besoins à satisfaire;

6° Prendre toutes mesures relatives à l'exportation et à la constitution de stocks, s'il y a lieu.

Art. 2. — Le Comité est ainsi constitué :

Quatre représentants du ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre, dont l'un exerce les fonctions de président.

Deux représentants du ministre du Commerce et de l'Industrie, dont l'un exerce les fonctions de vice-président;

Deux représentants du Sous-Secrétaire d'Etat de l'Aéronautique.

Un représentant du ministre de la Marine.

Un représentant du ministre de l'Agriculture et du Ravitaillement

Un représentant du ministre des Travaux publics et des Transports.

Un représentant du ministre des Finances.

Un représentant du ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre (Secrétaire général).

Un représentant du ministre du Commerce (Secrétaire adjoint).

Cinq représentants des Chambres syndicales françaises des industries utilisant les machines-outils.

Trois commerçants français en machines-outils et outillage mécanique.

Deux fabricants français en machines-outils.

Un fabricant français d'outillage mécanique.

Art. 3. — L'expédition des affaires courantes et les décisions du Comité sont assurées sous le contrôle du ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre par le Secrétaire général assisté par un secrétaire adjoint.

Art. 4. — Le siège du Comité est au ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre, ainsi que celui du Secrétariat général, auquel toute la correspondance est adressée.

Art. 5. — Toutes dispositions contraires au présent décret, et notamment l'arrêté interministériel du 7 mai 1917 instituant un Comité de l'outillage mécanique sont rapportés.

Art. 6. — Les ministres de l'Armement et des Fabrications de guerre, des Finances, du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, des Transports maritimes et de la Marine marchande, de la Marine, de l'Agriculture et du Ravitaillement, des Travaux publics et des Transports, sont chargés, chacun en ce qui les concerne, de l'exécution du présent décret.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 24. — 15 JUIN 1918.

Chronique. — Unification des bouts d'arbres des moteurs électriques. — Société internationale des Electriciens. — Bibliographie : Les impôts cedulaires et l'impôt global sur les revenus, par F.-J. COMBAT. — Bibliographie : Le problème de l'exportation, par Maurice ADAM. p. 857-858.

Section scientifique et technique. — Amélioration du facteur de puissance des réseaux par machines synchrones, par E. POIRSON. p. 859. — Revues, analyses et informations : Détermination du rendement dans la production des rayons X, p. 862 ; Sur le choix du sens positif des rotations, p. 864.

Section industrielle. — Halage électrique sur les canaux, par A. TUMERELLE. p. 865. — Notes pratiques : Emploi de deux tonneaux pour le jaugeage de l'eau d'alimentation des chaudières, p. 874 ; Cornières spéciales pour la fixation du fil de terre dans les courbes, p. 874.

Section économique et financière. — Le travail et le capital en Grande-Bretagne, p. J. R., p. 875. Rapports Whitley sur l'organisation des relations entre le capital et le travail, p. 876. — Congrès du Génie civil (*suite*), p. 883. — Assemblées générales : Fusion des Gaz, p. 887 ; Société électrométallurgique française (Froges), p. 887 ; Compagnie française des Tramways électriques et Omnibus de Bordeaux, p. 888 ; Banque nationale de crédit, p. 888.

Unification des bouts d'arbres des moteurs électriques. — Dans le numéro du 13 avril, t. III, p. 543, nous avons publié sous ce titre une note qui nous avait été adressée par le Comité technique de la Chambre syndicale des Constructeurs de gros matériel électrique. Ce Comité nous prie de signaler que la conicité des arbres coniques qui, par suite d'une omission regrettable, ne se trouve pas indiquée sur la figure relative à ces arbres est, suivant l'usage, une *conicité de 1/10*, c'est-à-dire que *la pente est de 5 pour 100*.

Ajoutons qu'à la suite de la publication de cette note nous avons reçu d'un de nos lecteurs, M. Paul Lecler, les remarques suivantes :

1° La cote de *L* paraît attachée à la rondelle, ce qui est un peu anormal. La valeur du congé entre l'extrémité de la partie filetée, attache de cette cote *L* et le bout de la partie conique de l'arbre n'est pas indiqué non plus.

J'aimerais mieux attacher la cote *L* au bout de l'arbre qu'au bout du filet.

2° Il ne serait pas mauvais de donner aussi la vue par-dessus des clavettes. Je suppose que les bouts sont arrondis mais il faudrait mieux le dire.

Pendant qu'on y est, peut-être pourrait-on indiquer la longueur du logement de la clavette et la distance entre l'extrémité de ce logement et le bout de l'arbre.

Toutefois je n'insiste pas pour préciser cette longueur du logement de la clavette ni sa position, car, en matière d'unification, il ne faut rien exagérer (et cependant, dans le cas actuel ce serait préférable, on peut perdre une clavette, et il serait bien commode de pouvoir en mettre une autre de rechange sans avoir à l'ajuster).

3° Par la même occasion, ne pourrait-on indiquer aussi les dimensions des moyeux des poulies, ainsi que des pignons à caler sur les arbres ? Il devrait même ne pas être très difficile à nos constructeurs de s'entendre pour adopter tous les mêmes dimensions de poulies normales.

L'emploi de poulies normales de diamètres variant avec chaque constructeur est une idée qui ressemble à celle des anciens mécaniciens.

Chacun voulait avoir ses boulons avec son filet à lui, de façon à obliger le client à ne pas s'adresser au voisin pour avoir des pièces de rechange. On a unifié les filets de vis et bien d'autres choses. Pourquoi ne pas unifier les poulies normales, surtout dans les petits diamètres ?

Ces remarques ayant été transmises au Comité technique de la Chambre syndicale des Constructeurs de gros matériel électrique, son secrétaire, M. Hausson, y a fait les réponses qui suivent :

1° L'unification des bouts d'arbres est plutôt une unification des dimensions des moyeux des pièces fixées sur l'arbre.

Toutes les dimensions, y compris la longueur *L* se rapportent essentiellement à ces pièces. Les dimensions maxima de la rondelle et de la longueur de la partie filetée sont indiquées pour permettre au client de faire les évidements nécessaires dans les moyeux, ou prévoir la distance nécessaire entre deux machines à accoupler.

2° Les clavettes ne sont généralement pas à bouts arrondis, mais coupées à l'équerre.

Le fraisage des cannelures de plusieurs arbres en même temps avec fraises à disques est plus économique qu'avec fraises au bout. Malgré cela, certaines usines le font encore,

Digitized by Google

soit pour utiliser les machines-outils existantes, soit qu'elles trouvent que cette construction présente, une fois finie, un meilleur aspect.

L'unification des longueurs des clavettes est compliquée. Les divers constructeurs ont déjà, en vue de diminuer les frais de fabrication, unifié ces longueurs. Ce n'est pas la longueur des bouts d'arbres qui a déterminé ces longueurs, mais les dimensions des paquets de tôles, des moyeux, des collecteurs, etc. Pour tenir le paquet de tôles il faut que la clavette ait la même longueur, et une unification des clavettes des bouts d'arbres a été jugée impossible pour le moment. La raison donnée par M. Lecler paraît trop peu importante pour modifier notre avis.

3° Le Comité technique s'occupe actuellement de la normalisation des vitesses des courroies. L'unification des diamètres des poulies n'est pas intéressante pour la clientèle, étant donnée la diversité des vitesses des machines à courant continu.

Société internationale des Électriciens. — Séance du 6 juin 1918. — En cette séance deux intéressantes communications furent présentées à la Société.

La première « La machine asynchrone » fut faite par M. Marius Latour : le but de l'étude de l'auteur était de mettre au point la question des moteurs asynchrones. M. Latour donne la définition suivante de la machine asynchrone : c'est la machine dans laquelle le couple sur l'arbre est réglé par la vitesse même du rotor et dans laquelle, par conséquent, seules des variations de vitesse peuvent amener les perturbations produites dans la machine synchrone par des variations d'avance ou de retard angulaire. Le caractère asynchrone se trouve ainsi défini par un fonctionnement en courant alternatif voisin de celui de la machine à courant continu.

Après avoir donné cette définition, M. Latour étudie les moyens de réaliser des machines asynchrones à facteur de puissance élevé et à vitesse réglage dans le fonctionnement en moteur. Ces moyens sont de deux sortes; le premier consiste à fermer le rotor sur des machines auxiliaires à collecteur sans relation avec le réseau qui peuvent tourner à une vitesse indépendante du rotor ; le second procédé consiste à alimenter le rotor par des machines spéciales en relation avec le réseau, de telle sorte qu'il y a correspondance établie entre le réseau et le rotor grâce à l'interposition en quelque endroit d'un collecteur entraîné synchroniquement avec l'arbre du rotor. M. Marius Latour étudie successivement les différents systèmes proposés ou employés dans ces deux ordres d'idées ; nous n'insisterons pas autrement sur la communication de M. Marius Latour, l'auteur nous ayant promis un article sur cette question.

La seconde communication fut faite par M. Henri Weiss et avait pour titre : « Analyse d'une courbe périodique ». L'auteur a exposé les méthodes de Ludimar Hermann et de Silvanus Thompson pour calculer les coefficients de la série de Fourier représentant une fonction périodique quelconque. Il a montré les procédés pratiques qui permettent de résoudre rapidement ce calcul et, en particulier, le système des cartons perforés de Ludimar Hermann. Au cours de son exposé M. Henri Weiss a énoncé les conditions à remplir pour obtenir, par ces procédés pratiques, des valeurs des coefficients de la série de Fourier égales à celles que l'on obtient par les procédés ordinaires du calcul intégral. La communication de M. Henri Weiss fut uniquement théorique, mais il se propose de montrer prochainement l'application des méthodes qu'il a exposées à l'étude d'une courbe de courant alternatif.

Bibliographie : Les impôts cédulaires et l'impôt global sur les revenus, par F.-J. Combat [1]. — Dans la première partie l'auteur fait un court historique des travaux législatifs effectués en France depuis 1895 en vue de l'établissement des impôts sur les revenus, puis donne un tableau comparatif des impôts d'État payés en 1916 par les contribuables de diverses catégories en France, en Angleterre, en Italie et au Japon, tableau qui montre que, contrairement à l'opinion courante, le contribuable français est moins imposé que le Japonais et l'Italien et beaucoup moins que le contribuable anglais.

La seconde partie est consacrée à l'analyse et commentaire des diverses cédules : bénéfices industriels et commerciaux, bénéfices de l'exploitation agricole, etc. La troisième s'occupe de l'impôt global et progressif sur l'ensemble des revenus. En annexes se trouvent reproduits les textes officiels des lois et décrets concernant les impôts sur les revenus promulgués du 29 mars 1914 au 31 juillet 1917.

Par les renseignements qu'il contient cet ouvrage rendra service aux contribuables en leur faisant connaître leurs droits en même temps que leurs obligations.

Bibliographie : Le problème de l'exportation, par Maurice Ajam, député, ancien sous-secrétaire d'Etat, rédacteur en chef de « l'Exportateur français » [2]. — Le problème de l'exportation est des plus complexes : à lui seul il soulève un nombre considérable de questions dans tous les domaines de l'activité humaine : utilisation des richesses naturelles, fabrication à bon marché avec une main-d'œuvre et des matières premières rares et chères, transports terrestres des produits extraits du sol ou fabriqués, outillage des ports d'exportation, marine marchande, organisation de la représentation et de la commission à l'étranger, personnel consulaire, crédit à long terme, etc.

Malgré cette complexité, malgré l'enchevêtrement des questions soulevées, malgré enfin les opinions contradictoires qui ont été émises à propos de celles-ci, M. Maurice Ajam a réussi à présenter le sujet sous une forme claire, nette, sans prétention trop scientifique et, par suite, à la portée du grand nombre. Il a fait, comme il le dit lui-même, un ouvrage de vulgarisation, mais de haute vulgarisation. Il s'y applique à montrer qu'il est absolument indispensable pour l'équilibre de nos finances que nous redevenions un peuple exportateur, que nous pouvons y parvenir même pendant la durée de la guerre et que nous y parviendrons d'autant plus sûrement que nous possédons d'immenses colonies qui, en même temps qu'elles peuvent nous fournir beaucoup des matières premières dont la métropole est pauvre, constituent d'importants débouchés à notre exportation. Dans sa conclusion, il estime qu'il est permis d'envisager l'avenir avec confiance. Sa compétence en la matière donne à cette opinion une haute autorité.

(1) Un volume, format 18 cm × 12 cm, 300 pages. Berger-Levrault, éditeurs. Prix, broché : 5 fr.

(2) Un volume format 23 cm × 14 cm, 157 p., avec préface de Raphaël-Georges Lévy, membre de l'Institut. Vaudecrane et Cie, éditeurs, Paris. Prix, broché 3,50 fr, majoration de 0,50 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Amélioration du facteur de puissance des réseaux par machines synchrones

Dans cette étude, qui se rapporte à l'importante question de l'amélioration du facteur de puissance soulevée dans la « R. G. E. », l'auteur envisage l'emploi des alternateurs inutilisés ou de secours des stations auxiliaires. Il montre ensuite comment on peut répartir judicieusement les courants réactifs entre plusieurs usines génératrices d'un même réseau.

Cette question du relèvement du facteur de puissance ou cos φ des réseaux alternatifs est actuellement à l'ordre du jour, et, en particulier, la « Revue générale de l'Électricité » a publié récemment d'intéressantes études qui ont jeté de nouvelles lumières sur ce sujet (1).

Afin de les bien mettre en évidence, et malgré qu'ils soient bien connus, il est utile de rappeler les inconvénients multiples du déphasage φ dans l'exploitation d'un réseau, qui sont les suivants :

1° Pour une puissance réelle donnée, il donne lieu à une intensité plus forte qu'il ne serait nécessaire, ce qui correspond à un surcroît de pertes d'énergie :

a) Dans les récepteurs où ce déphasage trouve son origine ;

b) Dans les lignes de transmission et transformateurs ;

c) Dans les alternateurs générateurs.

Cela correspond en outre à un surcroît de chutes de tension dans toutes ces parties, obligeant à exciter davantage les alternateurs, et causant accessoirement des variations de tension plus importantes sur le réseau, toutes ces particularités concourant enfin à amoindrir le rendement général de l'exploitation.

2° Empêcher l'utilisation maximum de la puissance des alternateurs, et causer, par conséquent, dans beaucoup de cas [usine à pleine charge (en ampères), disposant cependant de puissance motrice en excès, inutilisée puisque les alternateurs ne le peuvent], une perte réelle d'énergie qui se chiffre par le facteur $1 - \cos\varphi$.

3° Comme conséquence, obliger parfois, dans une centrale, à la mise en marche d'une unité nouvelle, alors que les autres suffiraient si le déphasage était nul.

Les compagnies de distribution d'énergie se rendant maintenant un compte exact de l'importance de ce facteur, cos φ, qui frappe directement l'exploitation, tendent de plus en plus à l'améliorer par les mesures suivantes :

1° Amélioration du cos φ des récepteurs individuellement ;

2° Parfois, adoption des basses fréquences dans ce but ;

3° Taxation plus forte de l'énergie réactive provenant de courants déphasés en arrière et dégrèvement de l'énergie réactive provenant de courants décalés en avant ;

4° Emploi de compensateurs (condensateurs et machines synchrones).

Cette dernière solution, qu'il faut considérer comme le correctif de ce que l'on n'a pu éviter, trouve de plus en plus crédit, là surtout où l'énergie est chère et d'extension difficile.

Certaines installations, où tous les récepteurs se trouvent concentrés en un seul point, et dont la marche est continue et invariable, comme par exemple des usines électrothermiques et électrométallurgiques, sont parvenues à obtenir un cos φ élevé (0,80 à 0,90), bien que les récepteurs, généralement à basse tension, soient particulièrement sujets à introduire un déphasage ; cela a été obtenu grâce à de judicieuses dispositions particulières des circuits dans ces récepteurs.

Dans ces cas, et tous ceux où existe une telle concentration, la disposition se prête bien à l'adaptation de compensateurs (condensateurs et moteurs synchrones) pour réduire le déphasage restant.

Au contraire, la majeure partie des réseaux de distribution alternatifs comportant une dissémination à l'extrême des points d'utilisation, les transformateurs, petits et gros moteurs asynchrones à faible charge donnent une résultante qui se traduit à la centrale par un déphasage φ très accentué (quelquefois le cos φ tombe à 0,60 et même à la pointe de charge, ne dépasse pas 0,80).

Dans ce cas, l'idéal serait que chaque récepteur (si petit soit-il) ait auprès de lui son compensateur de courant déphasé, qu'il serait bien justifié d'appeler « économiseur ».

Bien que cela n'ait vraiment pas été fait encore, on pourrait fort bien, *pour les petites puissances*, ainsi que l'a signalé M. A. Soulier (1), employer de petits condensateurs au papier de volume très réduit et résistant

(1) Voir numéros du 19 janvier 1918 (articles de MM. Boucherot et A. Soulier) ; 23 février 1918 (article de M. Rechniewski) ; 9 mars 1918 (articles de MM. Scoumanne et Genkin).

(1) *R. G. E.*, 19 janvier 1918, t. III, p. 81.

Digitized by Google

bien à la tension. Un exemple simple pour montrer cette possibilité : soit un moteur asynchrone monophasé de 3 kw sous 200 v, absorbant en moyenne 15 A avec $\cos\varphi = 0{,}7$; le courant réactif à compenser sera

$$15\text{ A} \times \sin\varphi = 10{,}7\text{ A}$$

et nécessitera (fréquence 50)

$$C = \frac{10{,}7 \times 10^6}{314 \times 200} = 170 \text{ microfarads},$$

soit 85 petits blocs de 2 microfarads isolés pour 200 v, et dont le volume total serait seulement de 30 dm³ tout au plus, batterie facile à loger et entretenir.

Il faudrait, il est vrai, que chacun de ces 85 blocs, ou petits groupes, soit muni d'un fusible de protection ; cette complication ne serait vraiment gênante que si ces condensateurs étaient fréquemment percés, mais on peut concevoir qu'il n'en soit pas ainsi.

Les plus grosses puissances nécessiteraient soit des condensateurs à haute tension, soit des moteurs synchrones. Pour en revenir aux realités de l'heure présente, où la réduction à 0 du déphasage *en chaque point de consommation* n'est pas encore un fait accompli, il serait illogique, d'autre part, de réaliser la compensation à l'usine génératrice même, car elle perdrait alors une bonne part de son efficacité, les lignes et transformateurs échelonnés échappant à son action bienfaisante.

La solution est alors d'installer la correction de déphasage en un ou plusieurs points qui soient des centres de gravité secondaires de l'activité du réseau (sous-stations, usines importantes, etc..).

Condensateurs à haute tension. — Jusqu'à présent, les condensateurs statiques à haute tension n'échappent pas au reproche d'être chers, encombrants et surtout fragiles et de peu de durée en marche industrielle continue.

Moteurs synchrones. — Partout où se trouve de la grosse force motrice à desservir, on doit s'empresser de l'assurer par moteurs synchrones, si toutefois on peut s'accommoder de leur vitesse invariable.

Ces moteurs, considérés longtemps comme d'un maniement difficile, se sont perfectionnés ; plus de balancements, démarrage sans secours auxiliaire et accrochage automatique, même en charge, telles sont les qualités que peuvent avoir les moteurs synchrones modernes déjà très employés en Amérique.

Ces moteurs ont, d'autre part, l'avantage de pouvoir fonctionner éventuellement en générateurs, chose précieuse dans l'industrie.

Il faut remarquer que, de prime abord, ils auront seulement pour mission d'effectuer leur travail de pleine charge avec $\cos\varphi = 1$.

On peut songer alors à les utiliser en compensateurs dans les périodes où ils marchent à faible charge, ou même à vide, en les surexcitant pour maintenir en permanence leur intensité maximum, grâce à quoi ils compenseront le maximum de courant réactif.

Lorsque ledit moteur synchrone appartient à la compagnie de distribution, une consigne à son conducteur permet de réaliser cette condition.

Lorsqu'il appartient à un client, dans une usine privée, la même consigne sera donnée, et le client sera encouragé à le faire par des accords et tarifications modernes appropriées.

Une tarification appropriée, telle que celle préconisée par M. Boucherot (« R. G. E. », 19 janvier 1918), sera le seul moyen efficace d'intéresser chaque consommateur au relèvement de son $\cos\varphi$, voire même à celui de ses voisins défaillants.

Enfin, en dernier recours, le souci d'améliorer le $\cos\varphi$ amène les exploitants avisés à installer :

Soit des moteurs synchrones beaucoup plus puissants que ne l'exigerait le travail qu'ils ont à fournir, pour avoir une marge appréciable en courant déphasé en avant ;

Soit même des moteurs synchrones tournant à vide, en des points déterminés, jouant le rôle unique de « compensateurs ».

Remarquons, en passant, que, à l'inverse des génératrices asynchrones qui empruntent au réseau un peu de courant réactif et lui fournissent du courant actif, ces moteurs synchrones absorbent un peu de courant actif (pour assurer leur rotation) et du courant réactif déphasé en avant en fonction de la surexcitation et dans l'ensemble tout se passe comme s'ils fournissaient au réseau tout ou partie du courant réactif déphasé en arrière absorbé par ce réseau.

Utilisation des alternateurs de stations génératrices. — Nous arrivons là au but principal de la présente étude qui est de montrer :

1° Que, dans beaucoup de cas, les réseaux peuvent, momentanément ou presque en permanence, utiliser en moteurs synchrones dans ce but, les alternateurs disponibles ou au repos de stations génératrices auxiliaires ou de secours, alternateurs de réserve, tout installés pour cela et d'une utilisation immédiate à laquelle on ne songeait guère.

2° Que le même parti peut être tiré des alternateurs marchant en parallèle à faible charge (force motrice insuffisante), en les surexcitant jusqu'à ce que leur intensité débitée atteigne le maximum admissible, quelle que soit la force motrice qui les entraîne. Ceci n'est d'ailleurs que l'extension du cas précédent (1° moteur synchrone) à celui où l'organe moteur fait son apparition, équilibre les pertes du moteur synchrone en assurant sa rotation (annulation du courant actif absorbé), puis, fournissant même au réseau un certain apport d'énergie, débite une part de courant actif et continue à *fournir* simultanément une forte part de *courant réactif déphasé en arrière* (ce qui, on s'en rend compte aisément, est l'équivalent d'*absorber du courant réactif déphasé en avant*, cas précédent de la marche en moteur).

3° Enfin, comme conséquence des observations 1° et

Digitized by Google

2°, que l'on peut avoir avantage, sur un réseau à centrales génératrices multiples, à répartir d'une certaine façon entre elles, le courant réactif fourni par les différents alternateurs.

Soit, par exemple, en effet (voir fig. 1), une centrale A alimentant un réseau de points a, b, c, d, e, f, à proximité desquels une autre usine génératrice B, d'appoint ou de secours, peut marcher en parallèle avec A.

Le courant absorbé par le réseau a un certain déphasage φ en arrière de la tension.

1° B peut ne pas avoir de puissance motrice disponible; alors un ou plusieurs de ses alternateurs peuvent

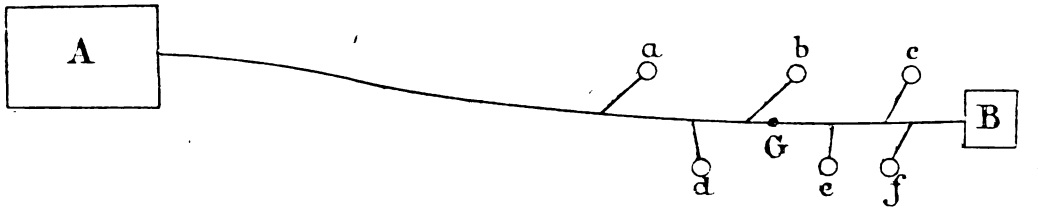


Fig. 1.

être utilisés en moteurs synchrones surexcités, comme il a été dit.

2° B a un peu de puissance à fournir, mais pas assez, cependant pour qu'un ou plusieurs de ses alternateurs soient à pleine charge. Ceux-ci marchant alors en parallèle avec ceux de A pourront être surexcités comme dans le cas 1° ci-dessus pour fournir alors :

La part qu'ils peuvent de courant actif;

La plus grande part possible du courant réactif absorbé par le réseau. L'examen des diagrammes circulaires de fonctionnement en parallèle confirme aisément les indications qui précèdent.

On peut alors se demander quel intérêt il y a à soulager A des courants réactifs pour en accabler B, ou, selon l'expression commune, à déshabiller Pierre pour habiller Paul? C'est ici qu'intervient la question de distance et de rendement des lignes et transformateurs interposés. Il apparaît clairement qu'il y a avantage à ce que la centrale éloignée A, marchant à pleine charge, ne fournisse que du courant actif, tandis

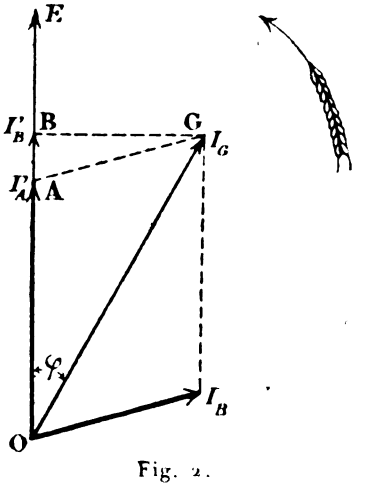


Fig. 2.

que la centrale B, plus proche du centre de gravité G de consommation, fournira, si possible, tout le courant réactif. La figure 2 ci-contre donne le diagramme relatif à cet exemple simple : le réseau absorbe l'intensité totale I_G, déphasée de φ en arrière de E.

La centrale A fournit l'intensité $I_A = OA$, entièrement en phase, et la centrale B fournit l'appoint d'intensité en phase $I'_B = AB$, et la totalité du courant réactif $I_r = BG$.

L'exemple simple précédent montre que l'on aboutit ainsi à une nouvelle règle économique de la marche des réseaux qui peut se généraliser dans le cas de plus de deux centrales en parallèle, ce qui se produit fort souvent.

Il est clair que la répartition judicieuse des charges actives et réactives entre les diverses centrales génératrices sera fonction, non seulement des distances respectives aux centres de consommation, mais des puissances réelles disponibles à chaque instant dans ces centrales, du coût de l'énergie dans chacune d'elles, du mode de production, hydraulique ou thermique, etc.

Mais cette complexité apparente est à peu près fixe dans ses grandes lignes, l'étude judicieuse de l'optimum peut être faite une fois pour toutes, ou à peu près, et des consignes générales simples peuvent être données à cet égard, aux diverses centrales.

On aperçoit bien, dès lors, que l'art de l'ingénieur chef d'orchestre d'un tel réseau, en plus des préoccupations habituelles, devrait s'étendre en particulier à la répartition rationnelle des courants réactifs à fournir par les centrales au réseau, et à la meilleure utilisation du matériel disponible en excédent qui doit toujours exister, dans une installation bien conçue, à titre de réserve. Or, utiliser cette réserve, même en permanence, n'est pas la rendre indisponible, évidemment.

Une fois admise la nécessité d'améliorer le cos φ, puis l'opportunité d'utiliser dans ce but des moteurs synchrones, cette manière de tirer parti du matériel que l'on a (ou de l'installer à cette double fin si on ne l'a pas) n'est pas sans action sur les bénéfices que laissera l'exploitation.

L'avenir montrera que ce souci qui se manifeste actuellement dans la tarification spéciale des courants réactifs aux clients s'étendra logiquement, à ce point de vue spécial, à la manière de produire ces courants —

Digitized by Google

exception faite, bien entendu, du cas où les progrès de l'électrotechnique permettraient de s'affranchir radicalement de ce fâcheux cos φ.

A l'heure actuelle où tout est cher, surtout la houille noire, de même que la houille blanche qui subit parallèlement les mêmes fluctuations, à l'heure où l'on cherche partout les économies, et cela dans tous les domaines, où toutes les nations poussent ce souci jusqu'au point de déplacer deux fois chaque année l'axe du jour pour un résultat qui paraissait hypothétique au début, les moyens techniques propres à apporter de l'économie ou un surcroît de puissance dans l'industrie, ne doivent pas être négligés, et c'est dans cet esprit que nous avons jugé utile de signaler aux exploitants les moyens ci-dessus indiqués, et qui sont encore négligés le plus souvent.

Résumé. — En résumé, la présente étude préconise essentiellement l'adoption des points de vue nouveaux, savoir :

1° Utilisation des alternateurs en repos ou de réserve d'un réseau, comme moteurs synchrones compensateurs;

2° Répartition rationnelle du courant réactif entre certaines usines génératrices, dans les limites d'une bonne marche en parallèle.

D'autre part, elle se permet de signaler en terminant, à la suite des ingénieurs éminents cités dans cet article, qu'indépendamment des moyens particuliers ci-dessus, les moyens suivants hâteront la réalisation effective de cette économie d'énergie :

Réalisation des compteurs spéciaux pour tarification rationnelle de l'énergie électrique à courants alternatifs en fonction du cos φ;

Réalisation de petits condensateurs basse tension à grande capacité et faible volume, robustes, durables et ajustés aux tensions efficaces usuelles (120 v, 250 v, 500 v) pouvant s'assembler aisément en batteries de volume réduit, et mise en pratique de telles batteries;

Réalisation de condensateurs robustes et durables pour les hautes tensions, en réduisant leur volume spécifique, si possible.

E. Poirson,
Ingénieur-électricien I. E. G.

Revues, analyses et informations

Détermination du rendement dans la production des rayons X (1).

L'auteur s'est proposé : 1° de mesurer l'énergie des rayons X émis par un tube de Coolidge en utilisant leur action calorifique; 2° de déterminer le rendement de la production des rayons X, c'est-à-dire le rapport entre la puissance des rayons X et la puissance fournie à l'ampoule; 3° de déterminer la variation de ce rendement en fonction de la tension appliquée au tube.

Recherches antérieures. — Un grand nombre de méthodes ont été utilisées pour mesurer l'énergie des rayons X. La première mesure a été faite par Dorn (1897) au moyen d'un thermomètre différentiel à air. Une méthode bolométrique a été utilisée par Schops (1899), par Rutherford et Mc Clung (1900), par Wien (1905), par Angerer et Carter (1906). Bumstead (1906) a mesuré l'énergie au moyen d'un radiomètre, et Adams (1907) a utilisé un radiomicromètre. Une pile thermo-électrique a été employée par Wien et par Hoepner (1915). Dans plusieurs cas on ne déterminait pas l'énergie fournie au tube, en sorte qu'on ne pouvait formuler aucune conclusion sur le rendement de la production des rayons X. Cependant, Wien, Angerer, Carter ont mesuré l'énergie transportée par les rayons cathodiques et déterminé la valeur du rendement.

L'ionisation produite par les rayons X a été également utilisée pour la détermination du rendement. Rutherford et Mc Clung ont ainsi obtenu l'énergie nécessaire à la production, dans l'air, d'un ion par les rayons X. En 1913, Beatty a déterminé le nombre d'ions produits par l'absorption totale des rayons X. En utilisant les résultats obtenus par d'autres savants, il a calculé le nombre total d'ions qu'auraient produit directement les rayons cathodiques utilisés pour exciter les rayons X; le rapport des deux valeurs obtenues donne le rendement de transformation de l'énergie des rayons cathodiques aux rayons X. En 1912, Eve et Day ont déterminé le nombre total d'ions produits dans l'air par les rayons X, et obtenu la valeur du rendement dans la production des rayons X à partir de l'énergie fournie au tube et de l'énergie nécessaire pour produire un ion, déterminée par d'autres expériences. Récemment (1915), Rutherford et Barnes ont déterminé l'énergie émise par un tube Coolidge au moyen du nombre total d'ions produits et de l'énergie nécessaire pour produire un ion par les rayons α; ils mesuraient l'énergie fournie au tube et en déduisaient le rendement.

Le tableau I résume les principales valeurs obtenues pour le rendement.

Tableau I. — *Rendements dans la production des rayons X.*

AUTEUR	MÉTHODE	POTENTIEL	RENDEMENT
Wien.....	Bolomètre.....	$58{,}7.10^3$ v	0,00143
Wien.....	Couple thermo-électrique....	$58{,}7.10^3$ v	0,00183
Angerer.....	Bolomètre.....	faible	0,0004
Carter.....	Bolomètre.....	59.10^3 v	0,00062
Hœpner.....	Couple thermo-électrique ...	65.10^2 v	0,00029
Eve et Day...	Ionisation	11 cm d'étincelle	0,0001
Rutherford et Barnes....	Ionisation	48.10^3 v	0,00059
Beatty.....	Ionisation	48.10^3 v	0,0019

(1) Paul T. Weeks. *Physical Review*, novembre 1917, 2e série, t. X, p. 564-574, 4200 mots, 5 fig., 2 tab.

Digitized by Google

Dispositif. — L'auteur utilise une méthode bolométrique, l'une des deux résistances étant exposée à l'action des rayons X ; la variation relative de la résistance est mesurée au moyen d'un pont de Wheatstone. Les résistances sont constituées par une feuille de plomb de 0,056 mm découpée en forme de grille et repliée plusieurs fois sur elle-même de manière à constituer un écran continu d'environ 1 mm d'épaisseur qui absorbe à peu près complètement le rayonnement incident. Les diverses couches sont isolées par de minces feuilles de papier. La résistance de la grille exposée aux rayons X est de 4,35 ohms et celle de l'autre 3,87 ohms. Afin de protéger les résistances contre les variations de la température ambiante on les enferme dans un vase de Dewar (fig. 1). La résistance expo-

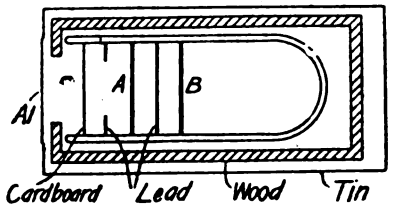


Fig. 1. — Dispositif pour l'absorption des rayons X.

sée au rayonnement, A, est placée en face de la résistance de comparaison B. Entre les deux on dispose un écran en plomb (lead) de 2 mm d'épaisseur et, en face de A, un écran semblable muni d'une ouverture de 6,5 cm × 6,45 cm. L'ouverture du vase Dewar est fermée par un carton (cardboard) de 0,85 mm d'épaisseur. Le vase est enfermé dans une caisse en bois (wood) et l'extrémité est enveloppée de laine afin de réduire la conduction de la chaleur.

Le courant à haute tension qui alimente l'ampoule est fourni par un transformateur et un redresseur mécanique. Le courant de l'ampoule est mesuré au moyen d'un milliampèremètre à courant continu. Le filament de l'ampoule est chauffé au moyen d'une batterie d'accumulateurs au plomb. Pour suivre les variations du potentiel appliqué à l'ampoule, on a utilisé une sorte de voltmètre électrostatique, balance dont la partie mobile (sphère de 4 cm de rayon) suspendue à l'extrémité d'un ressort à boudin est immergée dans l'huile au-dessus d'un plateau métallique horizontal.

Méthode de mesure. — Par suite de l'inégalité des deux résistances, le passage du courant de mesure produit un changement dans le rapport des résistances. Il y a en outre un échauffement inégal provenant de la chaleur amenée par conduction à l'intérieur du dispositif ; d'où une déviation permanente du spot lumineux du galvanomètre branché sur le pont de Wheatstone.

On observe la marche du spot de minute en minute pendant huit à dix minutes. On fait agir les rayons X sur le dispositif pendant trente secondes et on note la déviation produite. On suit à nouveau la marche du spot pendant quelques minutes après que l'action des rayons a été supprimée. La marche suivie pour les corrections est la même que dans une mesure calorimétrique quelconque.

On tare ensuite le bolomètre en envoyant dans la résistance qui absorbe le rayonnement un courant d'intensité connue pendant trente secondes. Ce qui permet de convertir en watts la déviation fournie par le galvanomètre.

On détermine la puissance fournie à l'ampoule directement, en immergeant l'ampoule dans un bain d'huile dont on mesure l'élévation de température ; on remplace l'ampoule par une résistance dans laquelle on fait passer un courant d'intensité connue de manière à réaliser le même échauffement que par le fonctionnement de l'ampoule. On trouve ainsi, par exemple, pour une ampoule fonctionnant sur 31,6 kv et laissant passer 4,80 milliampères, une puissance de 188 w. On voit bien, qu'à cause de la forme inconnue de l'onde de courant et de l'onde de tension, il ne suffit pas de faire le produit de l'intensité par la tension pour avoir la puissance ; le facteur de correction est 1,24.

Résultats. — L'auteur prend comme définition du rendement de la production des rayons X le rapport du nombre total de joules correspondant à l'énergie des rayons X par ampère et par seconde, au nombre de watts fournis par ampère à l'ampoule.

Les valeurs brutes de ce rendement sont inscrites dans la quatrième colonne du tableau II. La dernière colonne renferme les valeurs du rendement, correction faite de l'absorption due aux écrans qui se trouvent sur le parcours des rayons X.

Discussion des résultats. — Les résultats rapportés dans le tableau II semblent indiquer que la puissance des rayons X émis par l'ampoule varie sensiblement comme le cube du potentiel. Le fait que l'action photographique est

Tableau II. *Rendements en fonction de la tension.*

RACINE DU CARRÉ MOYEN DE LA TENSION EN KV	PUISSANCE SPÉCIFIQUE FOURNIE A L'AMPOULE WATTS EN $\frac{\text{WATTS}}{\text{AMP.}}$	PUISSANCE SPÉCIFIQUE OBSERVÉE DES RAYONS X JOULES EN $\frac{\text{JOULES}}{\text{AMP-SEC}}$	RENDEMENT BRUT	FACTEUR D'ABSORPTION	PUISSANCE TOTALE DES RAYONS X	RENDEMENT TOTAL
28,3	$35,1 \times 10^3$	17,1	$0,49 \times 10^{-3}$	1,20	20,5	$0,58 \times 10^{-3}$
31,6	39,2	23,4	0,60	1,17	27,4	0,70
34,5	42,8	30,7	0,72	1,15	35,3	0,82
37,1	46,0	38,3	0,83	1,13	43,2	0,94
39,5	48,9	46,3	0,95	1,11	51,3	1,05
41,6	51,5	52,3	1,02	1,10	57,5	1,15
43,5	53,9	59,3	1,10	1,09	64,6	1,20
45,2	56,1	66,9	1,20	1,08	72,3	1,29
48,2	59,8	84,3	1,41	1,07	90,2	1,51
50,8	63,0	93,6	1,49	1,07	100,2	1,59
53,9	66,8	118,0	1,77	1,06	125,1	1,87

Digitized by Google

proportionnelle au carré du potentiel peut tenir à ce que les rayons les plus durs sont moins absorbés dans l'émulsion sensible de la plaque et sont aussi moins efficaces parce que leurs longueurs d'onde sont très inférieures à celles des rayonnements caractéristiques du brome et de l'argent.

Les valeurs obtenues par l'auteur sont très différentes de celles fournies par les méthodes d'ionisation. Pour expliquer cet écart il faudrait admettre que l'énergie des ions produits par les rayons X n'est qu'une fraction de celle émise par l'ampoule sous forme de rayons X. Une remarque analogue s'appliquerait aux rayons α qui paraissent plus efficaces que les rayons X pour produire l'ionisation. Ces conclusions semblent d'ailleurs en désaccord avec les résultats des expériences sur les substances radio-actives. En vue d'élucider ce point, il serait bon de déterminer l'effet calorifique et l'ionisation totale, simultanément et sous les mêmes conditions.

A. B,

Sur le choix du sens positif des rotations.

On sait qu'en mécanique une rotation est regardée comme positive lorsqu'elle s'effectue de la gauche vers la droite de l'observateur, dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre, tandis qu'en astronomie on adopte la convention inverse.

En électricité, on trouve, suivant les auteurs, l'une et l'autre convention. Cela n'est pas sans inconvénients, et, pour y remédier, la Commission électrotechnique internationale a pris, dans sa réunion plénière de Turin, 11 septembre 1911, la décision suivante : « Dans les représentations graphiques des grandeurs électriques ou magnétiques alternatives, l'angle correspondant à une avance de phase doit être porté dans le sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre (1). C'était adopter dans ces représentations graphiques la convention des astronomes.

Dans une étude publiée ici même il y a quelques mois, M. J.-B. Pomey (2), après avoir discuté la question, arrive aussi à cette conclusion que, dans le trièdre des axes de références, il convient de choisir la direction positive de ces axes de telle sorte que le sens positif de rotation soit inverse du sens du mouvement des aiguilles d'une montre.

Dans un désir d'uniformisation, on a proposé de prendre en mécanique la même convention. D'après une note de M. L. Lecornu (3), présentée à l'une des dernières séances de l'Académie des Sciences, cette décision serait regrettable pour les raisons suivantes :

« L'astronomie, écrit M. Lecornu, a été conduite à choisir comme positive la rotation de droite à gauche parce que c'est dans ce sens que, pour un observateur placé dans l'hémisphère nord, s'effectuent les mouvements réels dont elle s'occupe (si l'astronomie était née dans l'hémisphère sud, on eût fait probablement le contraire). La terre tourne de droite à gauche autour de son axe quand on dirige celui-ci, comme il est naturel, vers le pôle nord. Elle tourne également de droite à gauche autour du soleil quand on dirige la perpendiculaire au plan de l'écliptique de façon à former un angle aigu avec l'axe ainsi défini. Les planètes tournent dans le même sens autour du soleil; de même la plupart des satellites autour de leurs planètes respectives. Donc, pas de doute : le sens direct des rotations en astronomie est bien celui de droite à gauche. Remarquons cependant que déjà l'astronomie sphérique, c'est-à-dire l'étude du mouvement apparent de la sphère céleste, fait apparaître la convention contraire.

» C'est précisément ce mouvement de la sphère céleste qui a, suivant toute vraisemblance, conduit les mécaniciens à regarder comme positive la rotation de gauche à droite. Les premiers gnomons étaient de simples colonnes verticales dont le sommet projetait sur le sol une ombre tournant de cette façon. On a naturellement fait tourner de même les aiguilles des horloges et des montres, puis cette règle a été observée pour la plupart des cadrans gradués : l'expression « sens du mouvement des aiguilles d'une montre » est ainsi devenue, en pratique, synonyme de sens direct ou positif. Le même sens a été adopté pour les manivelles des crics, des treuils, voire même des orgues de Barbarie. C'est aussi le sens dans lequel un ouvrier doit faire tourner la tête d'une vis pour donner à celle-ci son mouvement de progression, qui est le mouvement positif puisque, avant de songer à retirer une vis, il faut bien l'avoir enfoncée. Le même sens se retrouve jusque dans la marche humaine : le soldat part du pied gauche, ce qui imprime à son corps une rotation de gauche à droite; les valseurs évoluent d'une façon analogue.

» Bref, on irait à l'encontre de tous les usages de la vie si l'on prétendait imposer à la mécanique appliquée le sens direct des astronomes; or, la mécanique rationnelle ne peut évidemment accepter une convention opposée à celle de la mécanique appliquée.

» Dans la géométrie analytique à trois dimensions, les axes usuels sont précisément disposés de façon que, pour obtenir leur permutation dans l'ordre des lettres : Ox, Oy, Oz, il faille effectuer des rotations de gauche à droite. Il est vrai que, par une singulière contradiction, l'usage en géométrie plane est de diriger les axes Ox, Oy de telle sorte que la rotation amenant Ox sur Oy se fasse de droite à gauche. Il serait aisé de faire l'inverse; mais voici une raison pour laisser les choses en l'état.

» L'aire d'une courbe fermée, dont on donne l'équation, est mesurée par la valeur absolue de l'intégrale $\int y\,dx$ prise sur le contour, et l'on vérifie que, avec la disposition adoptée pour les deux axes, cette intégrale est positive ou négative suivant que le contour, supposé tracé sur un plan horizontal, est parcouru en tournant de gauche à droite ou de droite à gauche autour d'un observateur debout à l'intérieur de la courbe. Cette disposition a donc l'avantage d'attribuer à l'aire en question une valeur positive quand la rotation est elle-même positive. Cette remarque s'applique, notamment, au cycle de Carnot envisagé en thermodynamique : il se trouve que les axes choisis (qui sont alors l'axe des volumes et l'axe des pressions) conduisent à parcourir le contour dans le sens direct des mécaniciens chaque fois que ce cycle est direct au sens de la thermodynamique, c'est-à-dire correspond à une production de travail.

» En résumé, ajoute M. Lecornu, laissons les astronomes et les mécaniciens conserver, dans leurs domaines respectifs, la convention jugée par eux la plus commode. La main droite diffère de la main gauche, et nul ne songe à s'en offusquer. Pourquoi se montrer plus exigeant vis-à-vis de la science que vis-à-vis de la nature elle-même?

(1) Résumé de la réunion de Turin, *Publication n° 11, de la C. E. I.*, p. 11; et Comptes rendus des séances de la réunion tenue à Turin, *Publication n° 12 de la C. E. I.*, p. 55-59 et 79.

(2) POMEY (J.-B.). Conventions de sens, choix des axes de coordonnées; *R. G. E.*, 20 octobre 1917, t. II, p. 603-606.

(3) LECORNU (L.). Sur le signe des rotations; *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 22 avril 1918, t. CLXVI, p. 630-632.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Halage électrique sur les canaux

Parmi les transformations dont il sera nécessaire d'aborder la réalisation tout de suite après la guerre, celle qui doit aboutir à l'organisation mécanique des voies navigables à fort trafic de France est particulièrement importante : traction, manœuvre des écluses, manutention des marchandises, devront abandonner les vieilles routines d'autrefois pour aborder les nouvelles méthodes mises en pratique par l'industrie depuis la guerre et qui sont caractérisées par une production intense obtenue avec réduction de la main-d'œuvre. Le rôle des voies navigables dans l'ensemble des moyens d'échange est connu. Parmi les voies navigables, les canaux occupent, chez nous, la première place. Leur outillage mécanique avant la guerre était à peu près inexistant. Celle-ci a montré combien la transformation était nécessaire et surtout possible à réaliser. Parmi les modifications à apporter la substitution du halage mécanique à la traction animale s'impose. La traction électrique est une nécessité de demain pour les canaux à trafic important. Depuis plus de dix ans fonctionnait d'ailleurs, sur une fraction des canaux du Nord, le halage par tracteurs électriques ; il ne s'était pas développé pour ces causes qui ont paralysé chez nous tant d'œuvres qu'il eût fallu au contraire développer. Un système de halage funiculaire électrique a été étudié et appliqué à titre d'essai sur plusieurs kilomètres de canal. La question doit donc retenir toute l'attention des ingénieurs électriciens. Dans l'étude ci-dessous, l'auteur fait connaître les plus récentes installations effectuées.

La disparition des chevaux de halage sur un certain nombre de canaux de la région du Nord et de l'Est a conduit à envisager l'établissement d'un halage mécanique sur plusieurs des voies importantes démunies. C'est ainsi que l'établissement du halage électrique avec tracteurs est décidé sur le canal latéral à l'Oise et qu'une importante installation d'essai de halage funiculaire fonctionne sur 5 km du canal de la Marne au Rhin. Il n'est donc pas sans intérêt de donner quelques renseignements sur ces installations.

Tracteurs électriques. — L'idée de la substitution des tracteurs électriques aux chevaux de halage remonte à plus de vingt ans, puisque les premiers essais du « cheval électrique » de M. l'ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Galliot, sorte de petite locomotive routière en forme de tricycle, eurent lieu au canal de Bourgogne en 1895 et 1896. Ces tricycles assuraient encore, avant la guerre, le service sur une partie des canaux du Nord et du Pas-de-Calais. Une autre traction importante des voies navigables du Nord et du Pas-de-Calais dans la région autour de Douai était équipée au moyen de tracteurs électriques circulant sur rails. Ces tracteurs symétriques, disposés pour la circulation en navette, sont actionnés au moyen de deux moteurs à courant continu pouvant être couplés en série ou en parallèle sur la tension de 500 v. L'examen comparé du halage mécanique sur berge et sur rails a été exposé par M. du Bousquet dans une communication à la Société des Ingénieurs civils (Bulletin de novembre 1908). Dans cette communication, on trouve également des renseignements intéressants concernant l'équipement tel qu'il a été réalisé pour le halage par tracteurs électriques sur rails. C'est au système des tracteurs circulant sur rails que l'on a eu recours pour l'équipement du canal latéral à l'Oise.

Les tracteurs construits sont destinés au halage en bief; ils doivent normalement conduire des convois de deux bateaux correspondant au débit simultané des écluses doubles jumelles du canal. Ces tracteurs donnent d'une manière continue les efforts totaux indiqués ci-dessous pour les vitesses correspondantes :

km	Effort 1000 kg	Vitesse	3 km : h
	800 kg		3,300 : h
	320 kg		5 km : h

Ces efforts et vitesses qui correspondent à des marches de régime doivent être obtenus sans l'interposition de résistances dans le circuit du moteur. La vitesse normale de circulation des bateaux chargés est de 3,300 km : h ; celle des bateaux vides, de 5 km : h.

Un seul moteur série d'une puissance de 12 ch continus au second train d'engrenage, alimenté sous la tension moyenne de 550 v, est installé par tracteur. Il attaque l'essieu moteur par l'intermédiaire d'un double train d'engrenages. Les deux essieux du tracteur sont accouplés par bielles afin de rendre tout le poids adhérent. Ce poids est de 8 t pouvant être porté ultérieurement à 9 ou 10 t par un lestage dont l'emplacement est réservé.

L'attache du câble de traction sur le tracteur est prévue à une hauteur normale de 1,80 m au-dessus du niveau du rail. Une des grosses sujétions du halage sur les canaux résulte de la présence tout le long de la voie d'emplacements de chargement et déchargement, quais d'usines, de manutention en pleine voie. Le passage du

Digitized by Google

câble de halage au-dessus du bateau en stationnement à la rive, particulièrement lorsque ce bateau est à peu près vide, constitue un des problèmes les plus difficiles à résoudre. En admettant que le rail soit à un mètre au-dessus du plan d'eau, la hauteur de 1,80 m prévue pour l'attache du câble au-dessus du rail, permet le passage au-dessus du bateau vide, le halage s'effectuant au grand mât du bateau en marche. L'attache sur le tracteur s'effectue d'ailleurs par un dispositif à ressort, pour amortir les à-coups de traction et à déclic pour parer à toute cause d'accident. L'attache du câble tombe automatiquement après libération du crochet d'attelage par l'action d'un levier placé sous la dépendance du conducteur par l'intermédiaire d'une corde aboutissant au tracteur. Dès que la corde de halage s'arrête sur un obstacle placé entre le bateau et le tracteur, le conducteur dispose d'un moyen rapide et sûr pour couper le trait et empêcher toute possibilité d'accident. Ce dispositif d'attelage est visible sur les différentes vues de tracteur reproduites dans le présent article.

L'élévation de la hauteur d'attache du câble est désavantageuse au point de vue de la stabilité au renversement du tracteur. La direction de l'effort de la traction n'étant pas celle de l'axe longitudinal du tracteur, il en résulte un effort transversal sur le tracteur. D'où des considérations de stabilité au renversement, tant longitudinal que transversal, dont l'étude est particulièrement importante en fonction du tracé du canal et de son chemin de halage. Les roues du tracteur se trouvent inégalement chargées et sont sollicitées transversalement par des efforts pouvant être considérables, il en résulte une possibilité de déraillement par ascension du boudin sur le rail qu'il importe d'étudier, ainsi qu'une tendance à l'usure du boudin. Un tracteur de halage doit donc être bien assis sur sa voie de roulement. Le boudin des tracteurs dont il est question dans la présente note est sensiblement plus important que celui qu'il est d'usage de prévoir aux roues des tramways ; l'inclinaison, sur la verticale, de la face verticale extérieure dudit boudin ne dépasse pas 25° afin d'éviter l'ascension sur le rail du boudin d'une roue très fortement déchargée sous l'action d'un effort transversal important. Le profil inférieur du bandage a été déterminé par les considérations suivantes. Une certaine conicité est nécessaire, car si le bandage est cylindrique, l'essieu, sous l'action de l'effort latéral roule en laissant frotter le boudin contre le rail sans action tendant à contrebalancer l'action latérale ; la conicité du bandage au contraire aura pour effet de faire rouler le bandage intérieur sur le grand rayon et le bandage extérieur sur le petit rayon, d'où tendance à roulement en courbe détachant le boudin intérieur du rail. La conicité ne doit pas être trop forte, car elle serait une cause de glissements dont l'effet serait d'user le bandage, en sorte qu'une conicité exagérée reporterait l'usure du boudin sur le bandage. La conicité adoptée est de 1/35e sur la largeur du bandage en dehors du boudin.

Les tracteurs construits doivent circuler sur une voie unique pour les deux sens de circulation selon le système adopté sur les canaux du Nord et du Pas-de-Calais; ce qui oblige à l'exploitation en navette avec échange des convois à la rencontre de deux tracteurs circulant en sens contraire. Pour diminuer la perte de temps au changement de sens en marche, il était utile d'adopter un dispositif de prise de courant effectuant automatiquement les manœuvres nécessaires, ce qui excluait le trolley aérien avec sa perche, solution classique pour les tramways électriques. Afin de simplifier, d'une part, la prise de courant et, d'autre part, et surtout, la construction de la ligne aérienne, le chariot aérien roulant sur la ligne avec câble souple de jonction au tracteur a été maintenu, solution possible théoriquement en raison de la faible vitesse de circulation. Le long du chemin de halage, la hauteur adoptée entre le point le plus bas de la ligne et le rail de la voie de roulement est de 4,50 m ; dans l'emprunt des voies publiques, la hauteur minimum est relevée à 6 m conformément au règlement; enfin, au passage sous les ponts, le gabarit superficiel dont on dispose est réduit à 3 m × 3 m, et même sous de nombreux ouvrages à 2,50 m (largeur) × 3 m (hauteur). Afin de diminuer le nombre des supports, ainsi que la portée des consoles, il est utile d'admettre un écart aussi grand que possible entre la ligne aérienne et la voie de roulement. Il en résulte que la longueur du câble souple ne doit pas être inférieure à 6 m et qu'un dispositif d'absorption de l'excès de longueur du câble en chaque point sur la longueur utile est nécessaire, si l'on veut supprimer les à-coups sur le chariot ainsi que le contact du câble et du sol aux points bas de la ligne aérienne (passage sous les ponts).

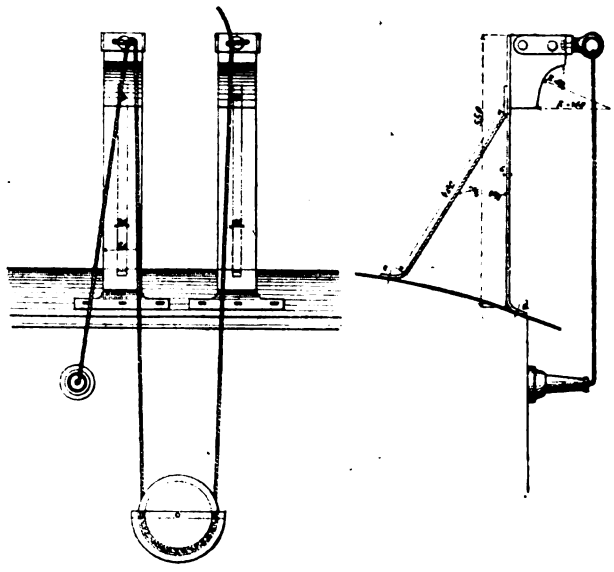


Fig. 1. — Dispositif de tension du câble de prise de courant. Poulie contrepoids : diamètre du fond de la gorge 150 mm ; rayon de la gorge, 85 mm.

Nous avons étudié, avec les Ateliers de Jeumont, le dispositif représenté (fig. 1) lequel comporte également le chariot de prise de courant (fig. 2).

Digitized by Google

La Compagnie Thomson-Houston a mis au point un enrouleur de mou du câble ainsi qu'un chariot de prise de courant. La photographie de son type de tracteur (fig. 5) comporte le dispositif de fortune qui a servi aux premiers essais, simple roue de bicyclette constituant l'enrouleur actionné par un ressort.

Deux types de tracteurs sont actuellement au point pour l'exploitation envisagée.

Tracteur des Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est (Jeumont). — Il est représenté figure 3 et figure 4.

Chaque tracteur comprend : un châssis en tôle et cornières avec contrepoids en fonte pour fournir le poids total exigé et pourvu de quatre tampons de choc; une cabine-abri en tôles et cornières est placée à une extrémité du tracteur; elle est munie des ouvertures

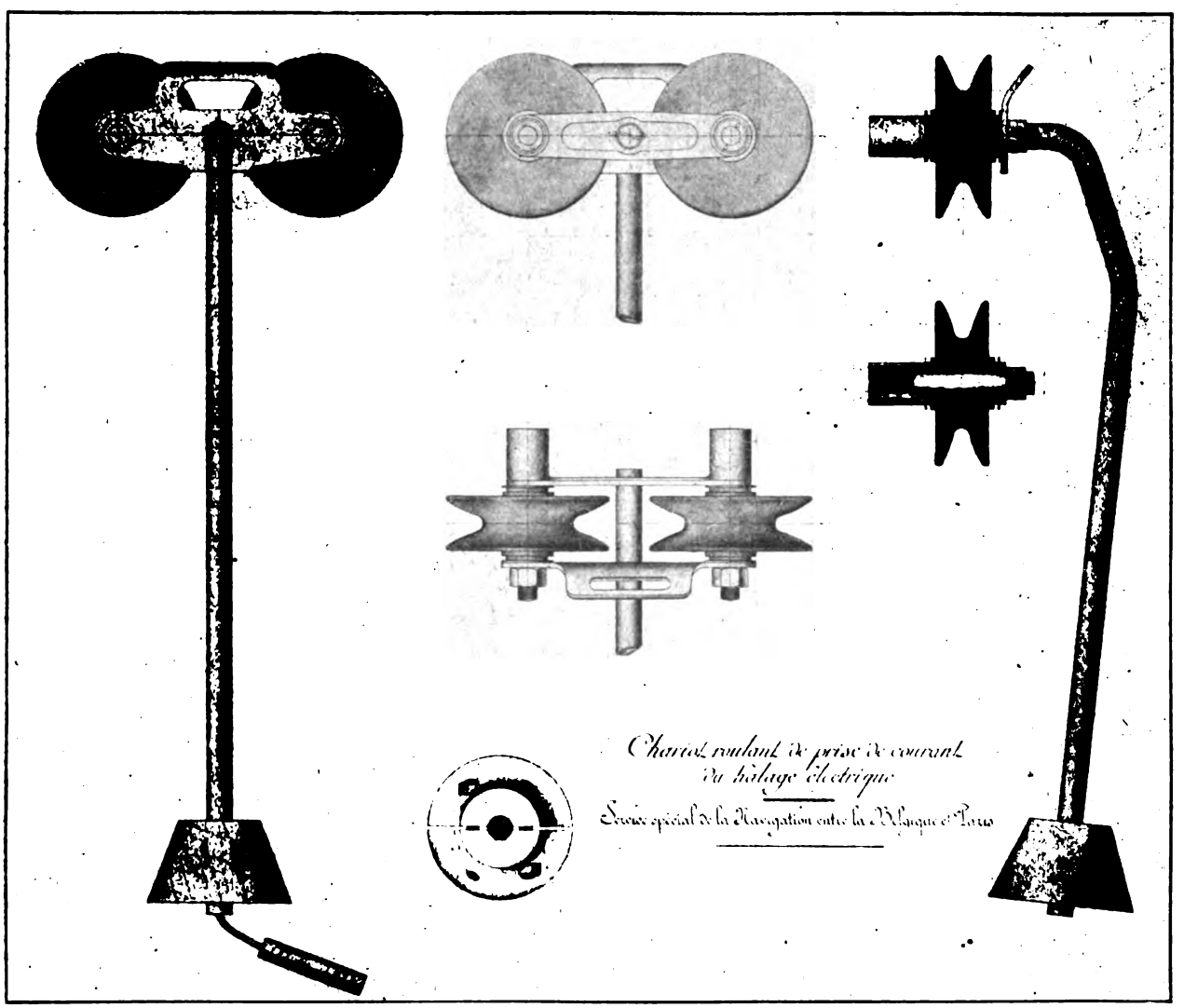


Fig. 2. — Chariot de prise de courant des Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est.

nécessaires pour assurer une bonne visibilité de la voie et du canal dans les deux sens de marche;

Deux trains de roues à bandages rapportés, avec boîtes à graisse et ressorts de suspension ;

Un frein à main manœuvré de la cabine actionnant quatre sabots de frein ;

Deux sablières pour chaque sens de marche ;

Deux bielles d'accouplement des essieux ;

Un crochet de traction pour chaque sens de marche; l'un de ces crochets est attaché à un support en acier coulé, boulonné sur un intercalaire fixé lui-même au contrepoids principal du tracteur. La présence de l'intercalaire relève le point d'attache à une hauteur de 1,80 m au-dessus du rail: sa suppression réduit cette hauteur à 1,30 m. Le deuxième crochet de traction est fixé sur la cabine. Le moteur électrique, de 12 ch utiles continus à la jante des roues, commande l'essieu moteur par l'intermédiaire d'une double réduction d'engrenages

Digitized by Google

comportant une réduction totale égale sensiblement à 1/30. Le contrôleur à huit plots comporte sept plots de marche sur résistance pour le démarrage et un plot de marche avec résistances hors circuit. Ainsi que nous l'avons déjà signalé, la traction des rames de deux bateaux chargés, de bateaux vides ainsi que la marche haut-le-pied du tracteur s'effectuent, toutes les résistances étant hors circuit.

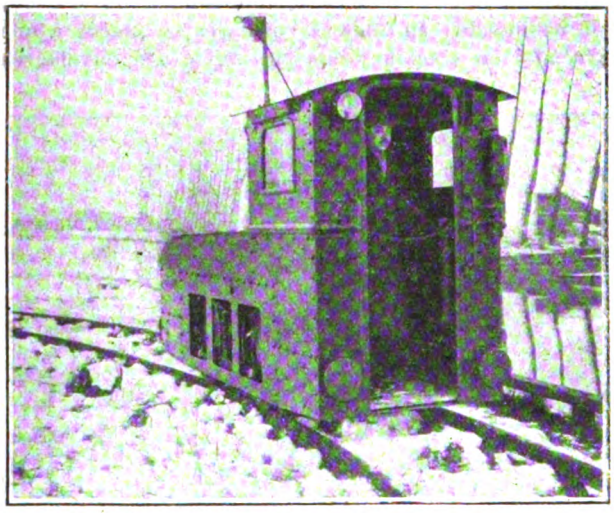


Fig. 3. — Tracteur des Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est (Jeumont)

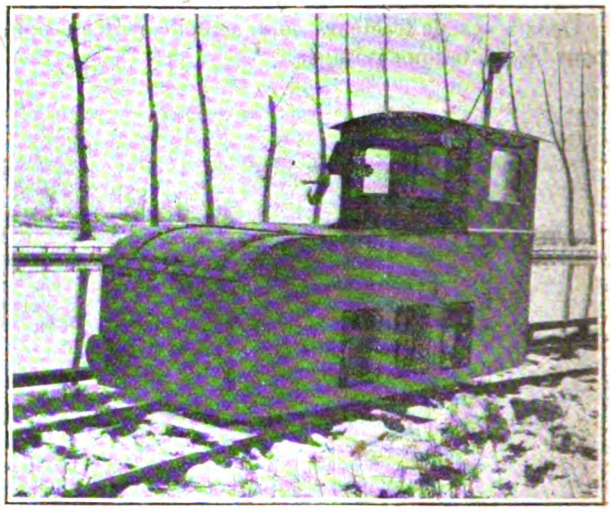


Fig. 4. — Tracteur des Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est (Jeumont).

Les résistances de démarrage ont été déterminées suivant le principe exposé dans notre note du 18 août 1917 (*R. G. E.* t. II, p. 243). Leur importance est suffisante et leur répartition est telle qu'elles permettent d'obtenir un démarrage continu de la rame de bateaux à conduire.

L'appareillage électrique comprend : un interrupteur automatique à maxima, un coupe-circuit avec fusibles, un parafoudre et sa bobine de self-induction ;

Un câblage d'éclairage, deux fanaux, l'un à feu blanc, l'autre à feu rouge, sur les faces avant et arrière, une

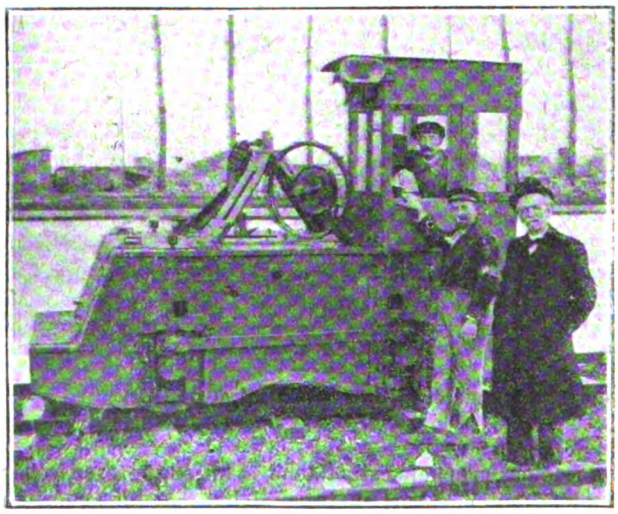


Fig. 5. — Tracteur de la Compagnie Thomson-Houston.

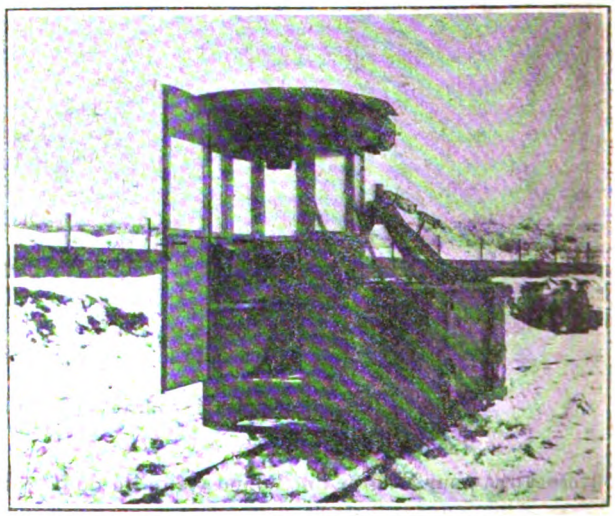


Fig. 6. — Tracteur de la Compagnie Thomson-Houston.

lampe d'intérieur, le tout disposé de telle façon que par la manœuvre d'un commutateur l'on ait toujours un feu blanc à l'avant et un feu rouge à l'arrière et la lampe d'intérieur allumée.

Tracteur de la Compagnie française Thomson-Houston. — Il est représenté figure 5 et figure 6.

Ce tracteur est établi suivant les mêmes dispositions générales que celui qui vient d'être décrit. Nous ne

Digitized by Google

tion de la section mouillée par suppression d'une bansignalerons donc que les modifications les plus intéressantes. Le châssis est en fonte. La cabine en tôles et cornières située à une extrémité du tracteur est une cabine d'angle. La visibilité de son intérieur est très grande; elle permet l'attache du câble au crochet de traction du pylône central. Le crochet de traction est donc unique pour les deux sens de marche. Il en résulte une réduction intéressante des efforts transversaux parasites. Le contrôleur comporte 10 plots, il donne sept crans de marche sur résistance, un cran de marche avec résistances hors circuit et deux crans de marche avec inducteurs shuntés.

Les boîtes à graisse sont du type de la Compagnie Thomson-Houston spécial pour locomotives et perfectionné en ce qui concerne les facilités d'entretien et de démontage.

Halage funiculaire. — Le halage funiculaire comporte dans son principe l'emploi d'un câble sans fin soutenu par des galets, mobile le long de la berge et sur lequel s'amarrent les bateaux à haler.

L'idée de cette application est déjà ancienne puisqu'il existe un brevet de 1867 en cette matière. Ce n'est qu'en 1887 qu'une mise au point sérieuse fut faite par M. Maurice Lévy, alors ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, avec la collaboration de M. Pavie, ingénieur des Ponts et Chaussées. L'utilisation du seul moteur possible à cette époque, le moteur à vapeur, obligeait à envisager des câbles sans fin de grande longueur (plusieurs kilomètres), sur lesquels pouvaient s'accrocher plusieurs bateaux circulant dans un sens comme dans l'autre, ce qui obligeait à poser un brin sur chaque rive, à donner une tension très importante au câble, à dimensionner largement l'installation. Les difficultés spéciales inhérentes à l'emploi des câbles télédynamiques, dont il sera parlé plus loin, avaient fait l'objet de solutions ingénieuses et pratiques, mais le vrillage, en raison de la grande longueur des câbles, restait une grave difficulté.

L'utilisation de l'électricité, en assurant le long de la voie navigable une répartition facile et économique de la puissance motrice nécessaire pour la mise en mouvement du dispositif de halage mécanique, a permis de modifier heureusement les conceptions primitives et de faire du halage funiculaire un système plus simple, plus souple, mieux adapté au service à effectuer. C'est à la mise au point de cette rénovation par l'électricité du halage funiculaire que s'est consacrée, depuis 1910, la Compagnie générale électrique de Nancy.

En 1910, une installation d'essai fonctionne sur le canal de la Marne au Rhin à l'écluse de Jarville près de Nancy et dans le bief aux abords.

La Compagnie générale électrique fit ensuite une application heureuse de son système aux travaux de réfection du souterrain de Mauvages (canal de la Marne au Rhin). Le programme des travaux, dont l'exécution devait durer sept ans, comportait pour ce souterrain à voie unique, long de 1880 m, la réfection de la voûte et des piédroits, la construction d'un radier, la modifica-

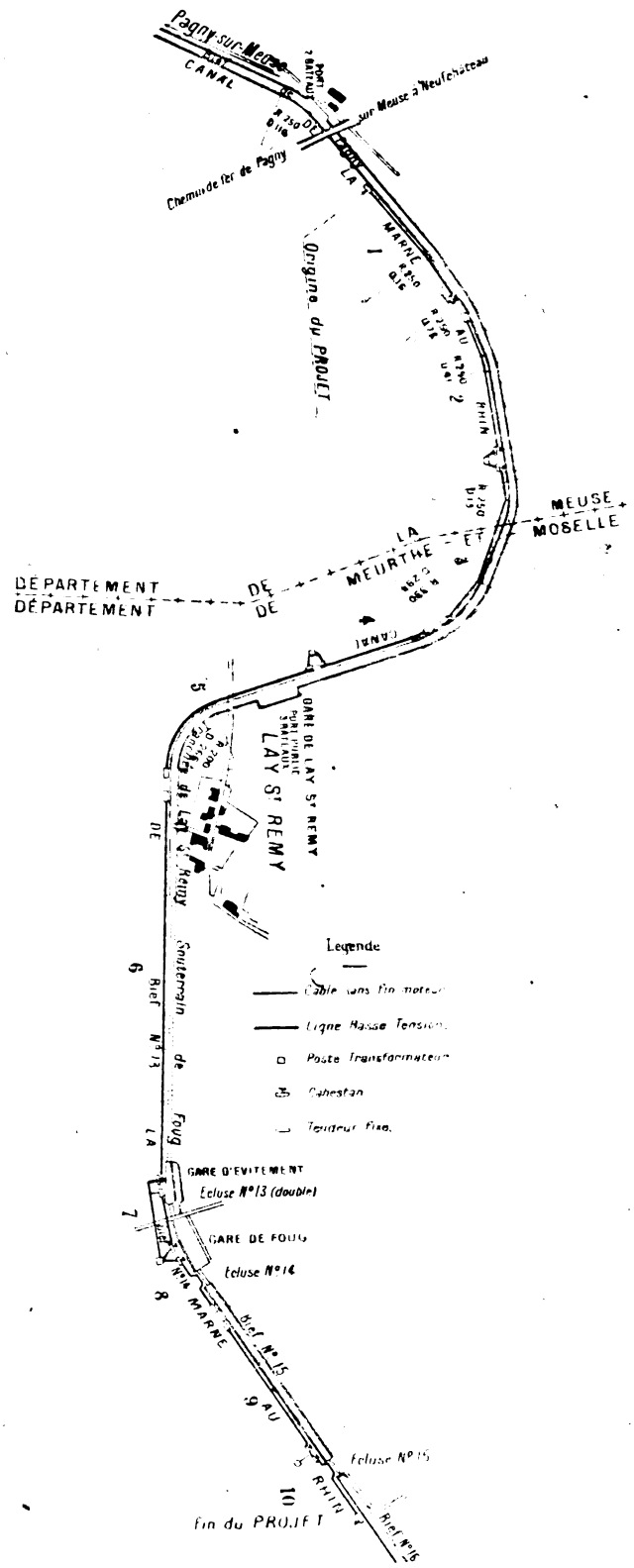


Fig. 7. — Plan de la partie du canal de la Marne au Rhin équipée pour le halage funiculaire.

Digitized by Google

quette de halage taillée dans la marne, la construction d'une passerelle de halage en ciment armé accrochée à l'un des piédroits. Les travaux ne devaient pas interrompre la circulation des bateaux dans le canal. La traversée du souterrain s'effectuant au moyen d'un toueur assurant un parcours journalier dans chaque sens, il fallait rendre tous les jours le souterrain à sa destination pendant le temps nécessaire. Il fallait donc, chaque jour, amener à pied d'œuvre les matériaux nécessaires, évacuer les déblais, rentrer et sortir les bateaux-barrages permettant la mise à sec des chantiers, ainsi que le personnel occupé aux travaux. La longueur à parcourir pouvant atteindre 6 km (souterrain et accès), 4 sections de halage funiculaire ont été installées, permettant d'assurer la marche du matériel à la vitesse d'environ 1,500 km : h et celle du personnel à 5 km : h.

En 1916, un service public a été organisé sur une longueur de cinq kilomètres du canal de la Marne au Rhin entre Foug et Pagny-sur-Meuse. L'emplacement a

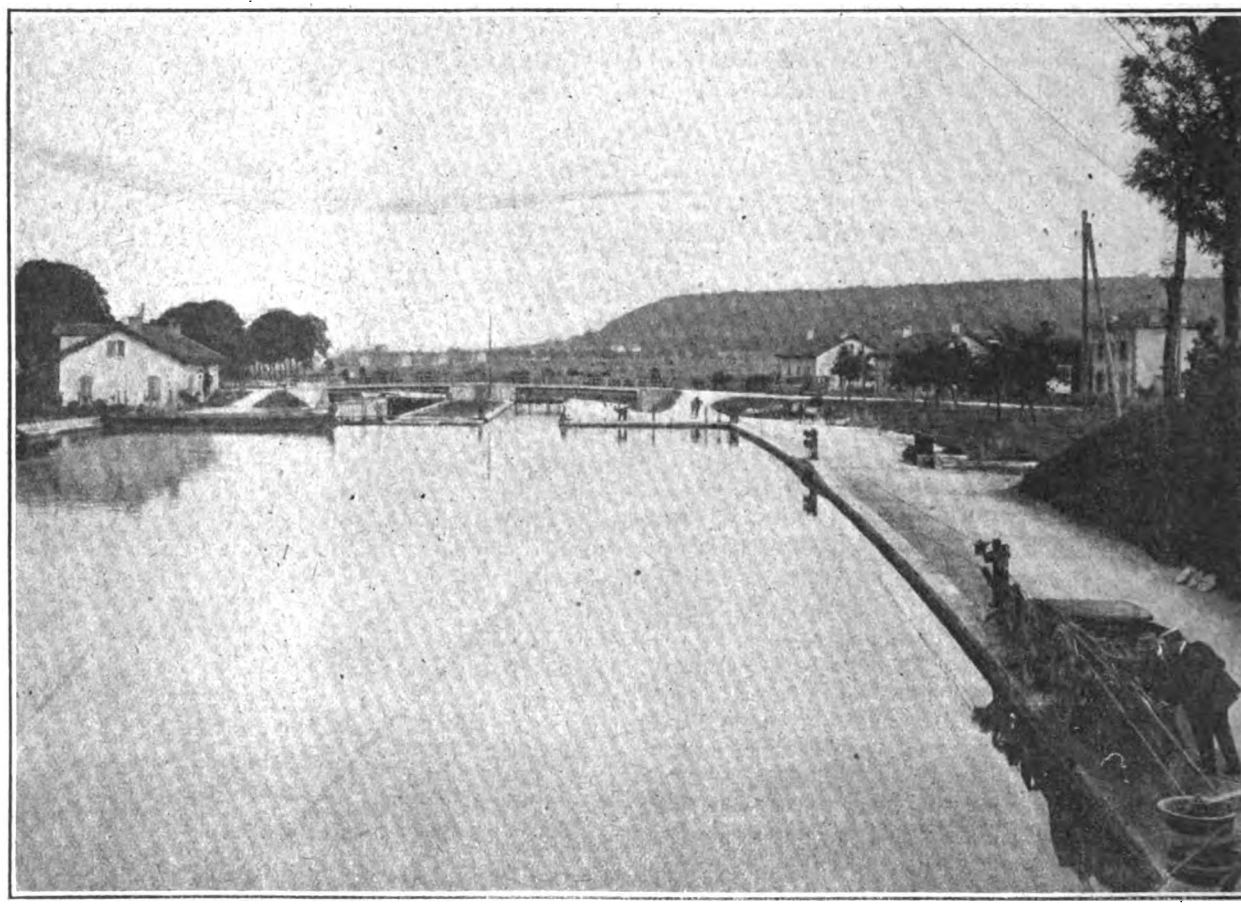


Fig. 8. — Bassin de garage entre la tête du tunnel et les deux écluses accolées.

été choisi comme particulièrement difficile en raison des obstacles s'opposant à une bonne exploitation de traction. On trouve, en effet, de l'amont à l'aval (voir carte fig. 7) : le grand bief de Void équipé sur 3 km de longueur et dont l'origine, du côté du souterrain de Foug, décrit plusieurs méandres constituant par rapport au chemin de halage, autant de courbes alternativement concaves et convexes ; le souterrain de Foug d'une longueur de 875 m, étroit, desservi par une passerelle de 1,10 m de largeur, prolongé à l'amont par une cuvette en déblai de 260 m de longueur, ce qui porte à 1 135 m la longueur du canal où les croisements de bateaux sont impossibles ;

Les écluses doubles 13 et 13 *bis* traversées par un pont et situées entre deux petits biefs très larges et le bief 14 (gare d'eau) en courbe concave par rapport au chemin de halage ;

L'écluse 14 et le bief 15 en ligne droite ;

L'écluse 15 traversée par un pont-route très bas. Chaque élément du canal : bief, écluse, souterrain, est constitué en section de halage, le grand bief de Void est divisé en sections de 530 m de longueur.

Une section de halage comprend en principe un cabestan actionnant un câble souple sans fin d'une longueur variable selon l'état des lieux. Sur ce câble, viennent s'accrocher les bateaux et le passage d'une section à

Digitized by Google

l'autre s'opère par les soins d'un convoyeur qui remplit, pour le halage funiculaire électrique, une fonction analogue à celle d'un charretier pour le halage par chevaux. Bien que le principal avantage du halage funiculaire

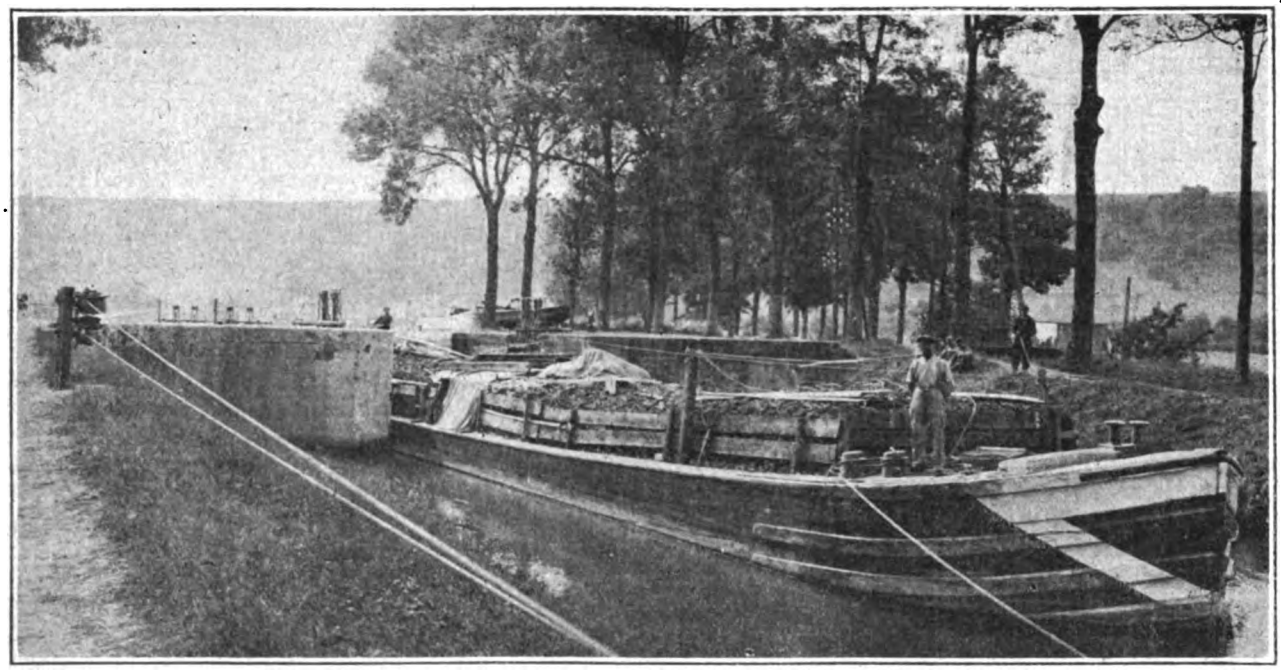


Fig. 9. — Sortie d'un bateau avalant à l'écluse.

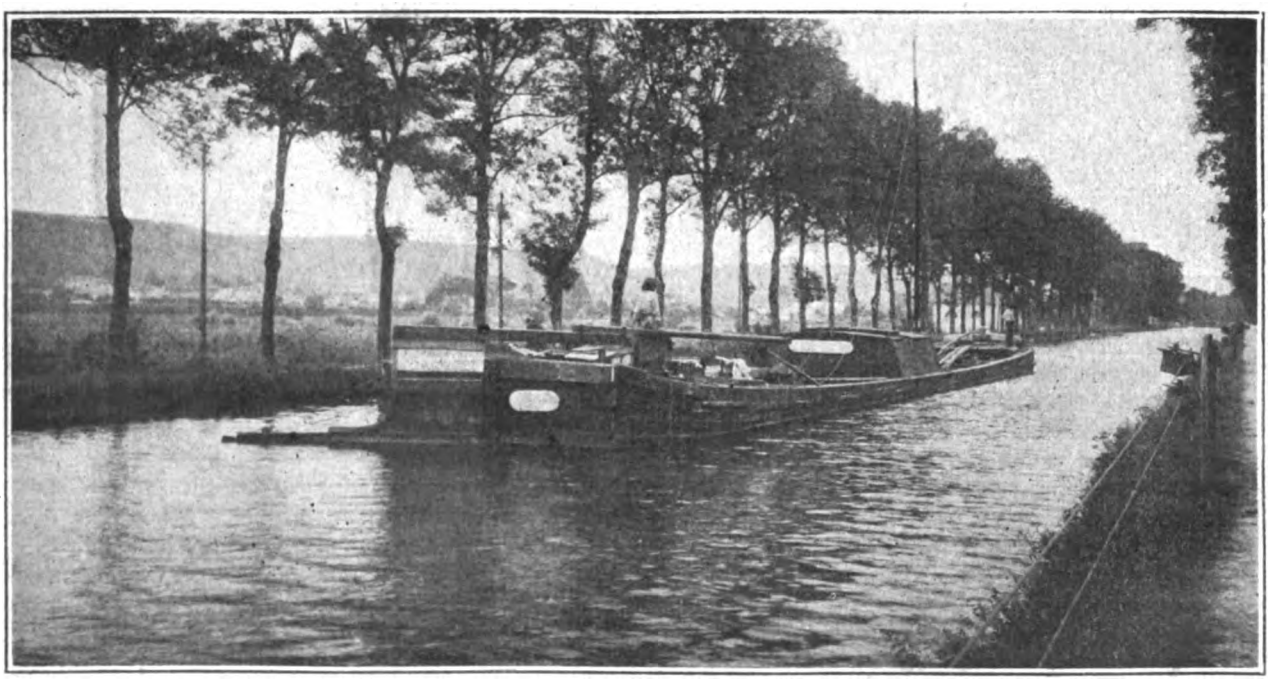


Fig. 10. — Marche en bief rectiligne.

soit de tractionner les bateaux isolément, il se prête bien à l'exploitation par rames, ainsi que le démontre le passage au souterrain de Foug qui s'effectue pas rames alternativement dans chaque sens. Le câble de traction, extrêmement souple, est maintenu de distance en distance par un dispositif de galets, à axe hori-

Digitized by Google

zontal et vertical ou oblique supportant, d'une part, le poids du câble, d'autre part, les actions transversales dues aux courbes du tracé ou à la composante transversale de l'effort de traction, tout en permettant le passage de la corde de halage (fig. 8, 9 et 10). Le cabestan électrique est placé à une extrémité de la section, ainsi qu'un tendeur automatique dont le contrepoids descend dans une fosse (fig. 8). A l'autre extrémité, se trouve un tendeur actionné par une vis permettant un réglage à longue durée du câble (fig. 11).

L'accrochage de l'amarre de traction du bateau, sur le câble, présente une difficulté sérieuse par suite du vrillage du câble, c'est-à-dire du mouvement de rotation du câble sur lui-même qu'accompagne sa translation. L'amarre ne saurait donc être accrochée directement sur le câble, mais à une pièce enfilée sur lui, pouvant tourner sur le câble, tout en subissant son mouvement de translation.

La longueur normale des sections étant d'environ 500 m et la longueur réelle, dans une installation quelconque, pouvant varier de 300 m à 1 000 m, l'emploi du courant continu pour actionner les cabestans n'était pas indiqué en raison de la complication qu'aurait entraînée la transformation tout le long du canal, du courant triphasé de la distribution régionale, en courant continu.

Les cabestans électriques sont donc actionnés par des moteurs asynchrones triphasés. Primitivement, ces moteurs avaient leur rotor en court-circuit, mais la pratique a montré l'impossibilité de les conserver par suite des à-coups énormes au démarrage. Ils sont actuellement remplacés par des moteurs à rotor bobiné à bagues, sans relevage des balais, avec résistance fixe dans le rotor.

Cette résistance donne environ 1,75 fois le couple normal au démarrage, ce qui permet d'arriver à la pleine charge du moteur avec un glissement de 40 pour 100 environ. En fait, les moteurs ne travaillent pas tout à fait à leur pleine charge et le glissement est de 25 à 30 pour 100 en marche. Le démarrage s'effectue de la manière suivante : le cabestan étant mis en marche, l'amarre qui vient d'être placée sur un billage d'arrêt du câble n'exerce pas de traction, le moteur démarre à vide, puis l'amarre se tend en donnant au câble une flèche considérable. Le moteur s'arrête complètement, calé, puis petit à petit, il prend de la vitesse, la flèche du câble diminue lentement, le bateau démarre et le câble prend progressivement sa vitesse de régime.

Le démarrage lent et progressif du bateau est donc assuré au prix d'une consommation supplémentaire de courant en marche normal sur laquelle nous reviendrons.

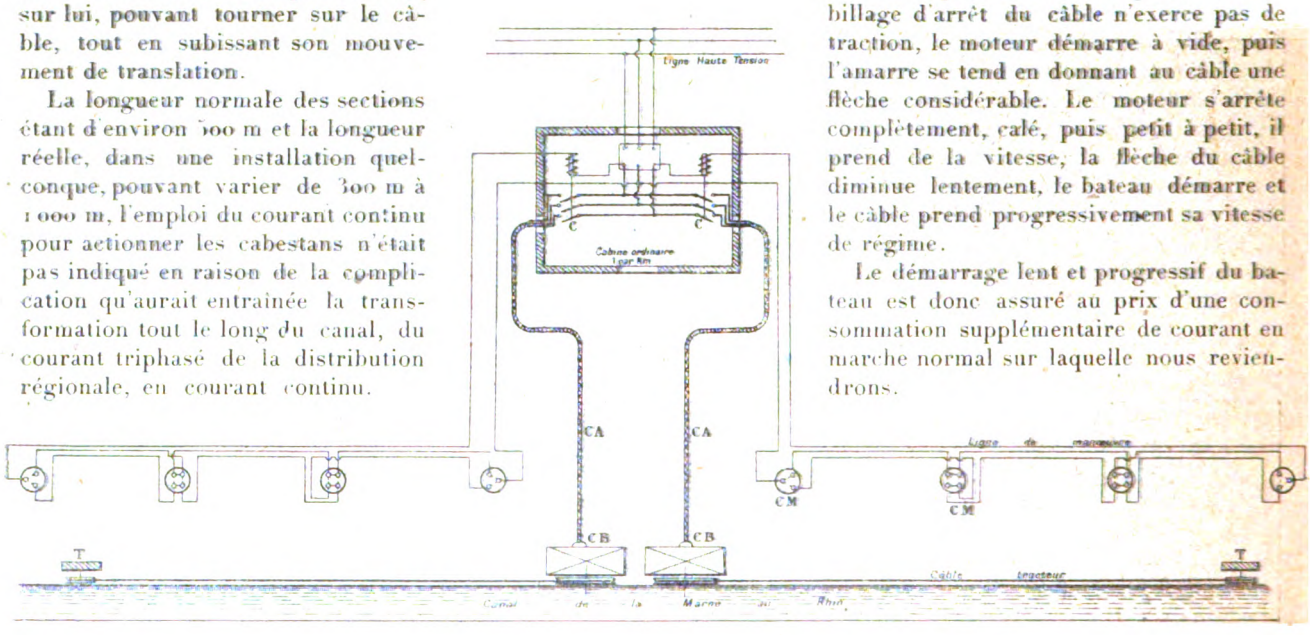


Fig. 11. — Schéma des installations du halage funiculaire.

Si nous cherchons à nous rendre compte du mode d'action des deux types de moteur asynchrone essayés : moteur à rotor en court-circuit, moteur à rotor bobiné avec résistance fixe insérée dans le rotor, nous pensons que l'interprétation suivante peut être donnée : soit (fig. 12), les deux courbes du couple en fonction du

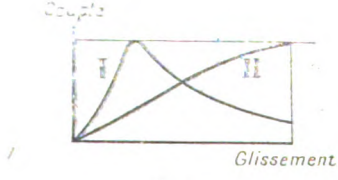


Fig. 12.

glissement : I. Couple du moteur en court-circuit; II. Couple du moteur bobiné avec résistance fixe. Le moteur démarre à vide, il atteint donc, avant son action sur le bateau, une vitesse le rapprochant du synchronisme correspondant à un couple faible. Quand l'action sur le bateau immobile commence, la vitesse du moteur ralentit; un faible ralentissement dans le moteur en court-circuit correspond à un accroissement considérable du couple qui atteint rapidement sa valeur maximum, l'action du couple maximum est donc en quelque sorte instantanée. Dans le moteur à rotor bobiné au contraire, le couple augmente à mesure que le moteur ralentit et c'est au calage que le couple est maximum. Ce couple maximum est donc appliqué au bateau immobile par un câble qui est lui aussi immobile et tout l'ensemble démarre progressivement avec l'accélération produite par la différence entre l'effort moteur et l'effort résistant.

Les cabestans moteurs de deux sections contiguës sont placés à proximité l'un de l'autre (fig. 8 et 10). Ils

Digitized by Google

sont alimentés sous 190 v par une cabine de transformation de courant triphasé haute tension en courant à basse tension. Le transformateur de la cabine est connecté au câble d'alimentation de chaque cabestan par l'action d'un relais actionné lui-même par le convoyeur par l'intermédiaire d'une ligne de commande spéciale courant le long de la section munie de distance en distance de commutateurs de manœuvre. Cette ligne est monophasée.

Le fonctionnement pendant dix-huit mois de l'installation qui vient d'être décrite, a suggéré des perfectionnements intéressants que la Compagnie générale électrique de Nancy se propose d'appliquer dans les installations futures : modification des arrêts de billage; emploi de galets de support du câble à orientation automatique; emploi de galets de diamètres différents et déterminés dans chaque cas, en raison des fatigues imposées, et dont la jante sera amovible pour réduire les frais d'entretien; tendeur de section à poulie à graissage automatique, en porte-à-faux pour supprimer les accidents que pourrait produire une fausse manœuvre d'extrémité de section; cabestans améliorés en vue de leur utilisation spéciale, commande par relais profondément modifiée en vue d'obtenir plus de sûreté de manœuvre; enfin, emploi d'un démarreur limiteur commandé par le câble tracteur. Bien que la Compagnie générale électrique de Nancy estime que le principal avantage de son système réside dans la simplicité des installations et que cette simplicité, entraînant une dépense de premier établissement minimum, justifie la consommation de courant supplémentaire dans la résistance fixe de rotor, elle n'en a pas moins cherché à réaliser une amélioration intéressante à ce point de vue par la mise au point d'un « démarreur limiteur automatique » dont le rôle est d'introduire les résistances nécessaires dans le rotor dès que l'effort de traction se fait sentir sur le câble et de court-circuiter ensuite ces résistances au fur et à mesure du démarrage en maintenant l'effort de traction entre deux limites, en sorte qu'en marche normale les résistances soient hors circuit.

Le halage funiculaire électrique fournit une solution simple de problèmes de halage particulièrement difficiles; la façon dont il assure le franchissement rapide des écluses est caractéristique et pour les voies navigables à écluses très rapprochées, il constitue un grand pas dans l'amélioration des transports par eau.

Par ailleurs, il trouve de très intéressantes applications; ainsi :

1° Une installation a été réalisée qui facilite le passage de canal en rivière et inversement alors qu'avec la traction par chevaux le passage était singulièrement plus long et difficile, surtout en période de crues de la rivière, les chevaux devant aller franchir la rivière à plusieurs centaines de mètres en amont sur le pont le plus voisin.

L'installation funiculaire est représentée schématiquement en A B C; A, B et C représentant les pylônes de support. La portée B C est de 150 m environ (fig. 13).

2° Une installation est à l'étude pour réaliser le franchissement d'un passage difficile où le halage par chevaux est impossible. Ce passage, long de 500 m, comporte sur une rive un port de transbordement avec la voie ferrée, sur l'autre rive un garage sur plusieurs files des nombreux pontons en attente de déchargement aux quais des importantes usines de la région. La traversée du port se fait actuellement à la gaffe, elle demande une demi-heure et des efforts pénibles de la part des mariniers. L'application du halage funiculaire est à l'étude; elle comporterait l'application de portées d'environ

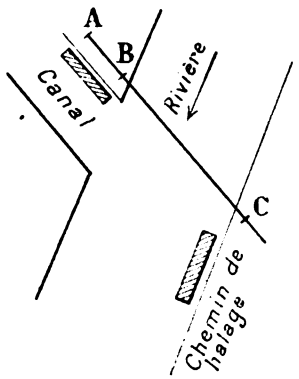


Fig. 13. — Installation de halage funiculaire pour le passage de canal en rivière.

150 m, délimitées par des pylônes surélevés bâtis sur des îlots placés dans le bassin, la hauteur du câble au-dessus du plan d'eau étant suffisante pour permettre l'évolution des bateaux vides.

3° Une deuxième installation, actuellement à l'étude, est destinée à assurer simultanément différentes manœuvres de batellerie sur une longueur de canal d'environ 1 200 m, où les usagers demandent à pouvoir disposer des deux rives pour le chargement et le déchargement des péniches, tandis que les besoins de la navigation nécessitent un passage en transit très important.

Pour cette installation, il est prévu des câbles en l'air au milieu du canal, constituant une sorte de noria à marche continue, mais à faible vitesse, sur laquelle les bateaux viendront s'accrocher d'une manière indépendante et aussi bien en vue d'une manœuvre de quai à quai que pour un passage en transit.

Si l'on ajoute aux exemples qui viennent d'être cités l'équipement du souterrain de Foug, dont il a été parlé plus haut, permettant la traversée du passage à voie unique qu'il constitue par rames, on pourra se rendre compte de la souplesse et de la diversité des applications que permet le halage funiculaire électrique.

En terminant cet exposé sommaire, nous devons rendre hommage à la persévérance avec laquelle la Compagnie générale électrique de Nancy s'est attachée, depuis 1910, à résoudre les nombreuses difficultés que comportait la mise au point définitive de son système de halage funiculaire électrique et à perfectionner sans cesse les dispositifs imaginés en vue de la sécurité de fonctionnement et de la réduction des frais d'exploitation.

Le service du canal de la Marne au Rhin et le minis-

Digitized by Google

tère des Travaux publics ont eu de leur côté le mérite d'avoir confiance dans le système et de faciliter par tous les moyens les premières applications.

Conclusion. — Le halage mécanique des bateaux est actuellement possible sur nos canaux par deux systèmes entièrement différents. De leur concurrence, des progrès ne pourront manquer de sortir, dont bénéficieront les transports par eau.

A. TUMERELLE,
Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Notes pratiques

Emploi de deux tonneaux pour le jaugeage de l'eau d'alimentation des chaudières (1). — Le dessin ci-joint indique le dispositif. On pèse, une fois pour toutes, l'eau contenue dans l'un des deux tonneaux identiques. L'un d'eux est pourvu d'un flotteur à tige : celle-ci est guidée dans un tube de 5,08 cm de diamètre qui sert en même temps de cheminée d'évacuation pour l'air qui s'accumule pendant le remplissage et dont la pression pourrait crever

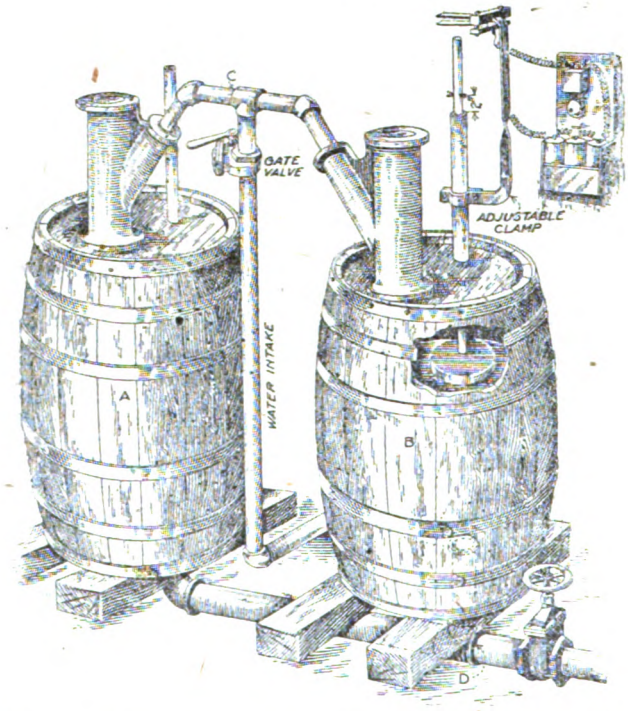


Fig. 1. — Tonneaux conjugués pour le jaugeage de l'eau d'alimentation des chaudières.

le récipient. Quand les tonneaux sont pleins, la tige du flotteur vient buter contre un contact et ferme le circuit d'une sonnerie. On note le nombre de fois que celle-ci a fonctionné pendant la durée d'un essai et le poids d'eau dépensée s'obtient en multipliant ce nombre par deux fois le poids de l'eau correspondant à un tonneau plein. Les deux tonneaux sont remplis simultanément par un même tuyau (intake water) muni d'un robinet (gate valve) et d'un raccord en T. Le remplissage terminé, on ferme le robinet d'admission et on ouvre le robinet d'écoulement visible à droite au bas de la figure. La bride réglable (adjustable clamp) permet d'adapter la sonnerie aux conditions locales.

Pour les petites chaudières, on emploiera le tonneau B seul. Pour débrancher A, on dévisse le T en C et on ferme le tube à l'aide d'un bouchon à vis. On opère de même en D sur le tube d'évacuation. Le fonctionnement régulier du flotteur exige que la crépine d'alimentation débouche au fond du tonneau en un point diamétralement opposé à la crépine d'évacuation.

(1) T.-W. REYNOLDS, *Electrical World*, 9 février 1918, t. LXXI, p. 310.

Cornières spéciales pour la fixation du fil de terre dans les courbes (1). — Sur les réseaux de transmission américains, on a l'habitude de soutenir le fil de garde au-dessus des conducteurs chargés au moyen de fers cornières qui sont plantés au sommet des poteaux. L'ensemble a l'aspect d'une baïonnette au bout d'un fusil et, en fait, ces cornières sont communément appelées baïonnettes. L'emploi d'une seule cornière n'offre pas une sécurité suffisante dans les courbes ; c'est pourquoi la Iowa Railway and Light Company of Cedar Rapids a adopté, pour son réseau à 33 000 v, un système de deux fers cornières, ou baïonnettes, conjugués comme le montre la figure ci-contre. Les fers cornières à ailes égales ont pour constantes : longueur 1, 22 m ; largeur des ailes, 6, 35 cm ; épaisseur, 6 mm. Ils sont fixés aux poteaux par les deux boulons de droite de 1,6 cm de diamètre ; le boulon d'entretoise de gauche, qui a 1,27 cm de diamètre, sert à donner de la rigidité à l'ensemble. A cette extrémité sont adaptées deux brides Belcher : celles-ci sont des U en fer rond dont les branches sont taraudées sur une certaine longueur pour pouvoir les fixer aux cornières au moyen d'écrous. Le fil de terre passe dans l'œil des U sans qu'il soit nécessaire de le couper.

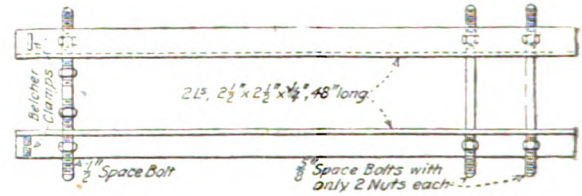


Fig. 1. — Aux courbes, le fil de terre passe dans les brides en U visibles sur la partie gauche de la figure. Belcher clamp, bride Belcher ; 1/2" Space Bolt, boulon d'entretoise de 1/2 pouce de diamètre = 1,27 cm.

(1) *Electrical World*, 9 février 1918, t. LXXI, p. 308.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Le travail et le capital en Grande-Bretagne

Une note publiée dans le numéro du 11 mai dernier, t. III, p. 705, faisait connaître à nos lecteurs comment est abordé aux Etats-Unis le problème des relations entre employeurs et employés. Les notes ci-dessous indiquent la solution préconisée par la Commission qui, en Angleterre, a été officiellement chargée d'étudier la question.

Durant les années qui précédèrent immédiatement la guerre mondiale actuelle, les relations entre le Capital et le Travail avaient pris en Grande-Bretagne un caractère particulièrement aigu. Il en résulta une série de grèves de grande ampleur comme la grève des gens de mer en 1911 et celle des mineurs en 1912.

Ces grèves amenèrent l'établissement de conférences mixtes de patrons et d'ouvriers. Mais malgré l'esprit de conciliation qui les animait, elles n'eurent qu'une assez faible influence sur les relations entre employeurs et employés. Les chefs de certaines industries des plus importantes en conçurent un sentiment de colère accompagné de la résolution de reprendre le dessus quand l'état du marché ou d'autres circonstances leur en fourniraient l'opportunité; de leur côté, les ouvriers, incomplètement satisfaits, formulaient de nouvelles exigences et organisaient de plus en plus solidement leurs Trade Unions en vue de leur donner la force et l'autorité nécessaire pour les réaliser.

La guerre vint apporter une trêve à ces revendications sociales. Avec une abnégation patriotique que reconnaissent tous ceux qui, en Angleterre, ont étudié la question, les ouvriers anglais acceptèrent que les prérogatives de leurs Trade Unions fussent provisoirement suspendues pendant la guerre et que les relations entre employeurs et employés fussent réglées par des organisations gouvernementales.

Malheureusement, la réglementation de questions aussi délicates que les questions sociales ne peut manquer de provoquer parfois des mécontentements. C'est en effet ce qui se produisit. Le mécontentement s'accrut du fait que le renchérissement des denrées de première nécessité, en disproportion avec les augmentations de salaires, rendait l'existence de l'ouvrier de plus en plus difficile alors que certains industriels « profiteurs » trouvaient le moyen d'édifier des fortunes scandaleuses. Aussi, dès le début de 1917, l'agitation ouvrière recommençait et des grèves éclataient.

Bien que les causes de cette agitation eussent été exposées à plusieurs reprises dans la presse, le gouvernement jugea utile de faire une enquête impartiale sur ces causes. Le 12 juin 1917, le premier ministre, M. Lloyd George, nommait une commission, la Commission of Enquiry into industrial Unrest, formée elle-même de huit sous-commissions respectivement chargées d'enquêter dans des régions différentes. Chaque sous-commission comprenait trois membres : un représentant des patrons, un représentant des ouvriers et un président (chairman) qui, le plus souvent, était un juge ou un shériff; un secrétaire lui était en outre adjoint. Les instructions de ces sous-commissions étaient « de faire une enquête sur l'agitation travailliste, de rédiger un rapport et d'adresser des recommandations au gouvernement à la date la plus rapprochée possible ».

Ces rapports ont été résumés dans un sommaire adressé au premier ministre par M. G.-N. Barnes, membre du Parlement et ministre représentant le Travail dans le cabinet de Guerre [1]. Ils s'accordent sur les origines de l'agitation ouvrière et conviennent que « les ouvriers sont surtout irrités par l'idée que certaines classes privilégiées ne prennent pas leur part des sacrifices généraux, mais au contraire profitent des sacrifices des autres ».

En même temps que s'élaboraient les enquêtes dont il vient d'être question, le Reconstruction Committee (Comité de la Reconstitution), dont nous avons déjà eu l'occasion de signaler les travaux à propos des études faites en vue de diminuer dans l'avenir la consommation du charbon [2], chargeait son Sub-Committee on Relations between Employers and Employed (Sous-Comité des relations entre employeurs et employés) de présenter un rapport sur les moyens d'établir dans l'avenir des relations conciliantes entre le Capital et le Travail. Le président de ce sous-comité, désigné par le Gouvernement, était M. J.-H. Whitley, membre du Parlement et copropriétaire des filatures S. Whitley and C°. Aussi ce rapport, qui fut distribué en hâte aux membres du Parlement et des sous-commissions de la Commission of Enquiry into industrial Unrest, est-il généralement désigné sous le nom de « rapport Whitley » par la

(1) On trouvera une analyse du rapport de M. G.-N. Barnes, dans un article intitulé « La question ouvrière en Angleterre » publié dans *Le Correspondant*, 25 octobre 1917, p. 193-230.

(2) Projets concernant l'utilisation économique du charbon, la production et la distribution de l'énergie électrique en Grande-Bretagne. *R. G. E.*, 23 mars 1918, t. III, p. 427-445.

Digitized by Google

presse anglaise qui, quelle que soit son opinion, lui fit le meilleur accueil (1), d'accord en cela avec les sous-commissions de la Commission of Enquiry qui toutes se montrèrent des plus favorables à l'adoption des idées émises dans ce rapport.

Ce rapport ne tarda pas à être suivi d'un second, puis d'un troisième. Ce sont les traductions, aussi littérales que possible, de ces rapports, que nous donnons ci-dessous. On y verra que, suivant l'état d'organisation patronale et ouvrière des industries, le sous-comité préconise plusieurs solutions. Pour les industries fortement organisées, aussi bien au point de vue patronal qu'au point de vue ouvrier, il prévoit le fonctionnement de trois organismes, trois conseils industriels mixtes, le Conseil national, le Conseil de district et le Comité d'atelier, formés uniquement par les représentants des groupements patronaux et des groupements ouvriers existant déjà dans ces industries. Pour les industries moins bien organisées, le second rapport suggère que dans les Conseils nationaux qui pourraient être créés prennent place un ou deux représentants officiels du Gouvernement qui auraient pour mission de faciliter la création de ces Conseils et de servir de liaison entre le Gouvernement et le Conseil après la création de celui-ci ; des Conseils de district pourraient être créés avant qu'un Conseil national ne soit institué. Quant aux industries dans lesquelles il n'existe encore aucune organisation, elles seraient régies d'après le Trade Boards Act, les attributions des Trade Boards, formés des représentants des employeurs, des employés et du Gouvernement étant toutefois légèrement modifiées et élargies.

Les rapports Whitley donnent également quelques indications sur les fonctions et les attributions des trois organismes dont ils suggèrent la création, particulièrement de celles du Comité d'usine qui constituent l'objet exclusif du troisième rapport.

J. R.

RAPPORTS WHITLEY SUR L'ORGANISATION DES RELATIONS ENTRE LE CAPITAL ET LE TRAVAIL

Premier rapport.

Au très honorable D. Lloyd George, Premier Ministre.

Nous avons l'honneur de vous soumettre le rapport provisoire suivant sur les Conseils industriels mixtes.

2. — Les questions soumises à l'examen du Sous-Comité étaient :

1° De faire et examiner des suggestions de nature à assurer une amélioration permanente dans les relations entre employeurs et travailleurs ;

2° De recommander les moyens de nature à assurer que les conditions industrielles relatives aux relations entre employeurs et ouvriers soient systématiquement envisagées par ceux qu'elles concernent, en vue d'améliorer ces conditions à l'avenir.

3. — Après un examen général de nos devoirs au sujet des matières qui nous étaient soumises, nous avons décidé de nous attacher tout d'abord au problème d'établir des relations améliorées d'une façon permanente entre employeurs et employés dans les principales industries du pays où il existe des organisations représentatives des deux parties. Le présent rapport s'occupe donc spécialement de ces industries. Nous sommes en train de procéder à l'examen des problèmes touchant les industries qui sont moins bien organisées.

4. — Nous estimons que, sous la pression de la guerre, tous à la fois, les employeurs et les ouvriers, ainsi que leurs organisations, sont très occupés, mais, néanmoins, nous pensons qu'il est de la plus haute importance que nos propositions soient placées devant ceux qu'elles concernent, sans délai, de manière qu'employeurs et employés puissent se réunir prochainement et discuter les problèmes posés devant eux.

5. — Tout le monde admet que les circonstances du temps présent offrent une grande opportunité pour assurer une amélioration permanente dans les relations entre employeurs et employés : tandis que, si on n'utilisait pas ces opportunités, la Nation pourrait être entraînée dans de graves difficultés industrielles à la fin de la guerre.

Il est généralement admis que la guerre a obligé à reconstituer en partie l'industrie et, en examinant les sujets que nous avons à traiter, nous avons tenu compte de la nécessité d'assurer dans le développement de la reconstitution, dans la plus large mesure possible, la coopération entre employeurs et employés.

Dans l'intérêt de la communauté, il est vital qu'après la guerre la coopération de toutes les classes, établie durant la guerre, se continue, et plus spécialement encore en ce qui concerne les relations entre employeurs et employés. Pour assurer cette amélioration, il est essentiel que les propositions mises en avant offrent aux travailleurs le moyen d'obtenir des conditions améliorées de leur emploi et un plus haut degré de bien-être en général, et comprennent l'inscription de leur coopération active et continue dans l'avancement de l'industrie.

Dans ce but, l'établissement pour chaque industrie d'une organisation représentative des employeurs et des ouvriers, ayant pour objet l'examen à toute époque des matières concernant le progrès et la prospérité de l'industrie, du point de vue de ceux qui y sont engagés, autant que celui-ci est d'accord avec l'intérêt général de la communauté, nous apparaît nécessaire.

6. — Bien des problèmes compliqués ont été soulevés pendant la guerre, qui touchent tout à la fois les employeurs et les ouvriers, et peuvent affecter les relations entre eux. Il est clair que les conditions industrielles doivent être traitées avec soin si l'on veut éviter, après la fin de la guerre, de graves difficultés et une tension dans les relations. La nature précise des problèmes à examiner varie naturellement d'une industrie à une autre et même d'une branche à une autre dans la même industrie. Leur traite-

(1) Voir en particulier : F. Harcourt Kitchin ; The troubles and desires of labour. *Fornightly Review*, octobre 1917, cité dans l'article de *Le Correspondant*, signalé plus haut.

Digitized by Google

ment, en conséquence, nécessite une connaissance approfondie des faits et circonstances de chaque industrie, et cette connaissance, on ne peut la trouver que parmi ceux qui sont directement attachés à cette industrie

7. — En vue de fournir des moyens pour réaliser la politique esquissée ci-dessus, nous recommandons au gouvernement de Sa Majesté de proposer sans délais aux diverses associations d'employeurs et d'employés, la formation de Conseils industriels mixtes, dans les diverses industries où ils n'existent pas déjà, composés de représentants des employeurs et des employés, en tenant compte des diverses sections de l'industrie et des diverses classes de travailleurs qui y participent.

8. — La nomination d'un ou de présidents devra, à notre avis, être laissée au Conseil qui pourra décider, à son gré, qu'il y aura :

1° Un président pour chaque côté du Conseil ;

2° Un président et un vice-président choisis parmi les membres du Conseil (un de chaque côté du Conseil) ;

3° Un président choisi par le Conseil parmi les personnes indépendantes et étrangères à l'industrie, ou ;

4° Un président nommé par telle personne ou autorité que le Conseil pourrait choisir, et sauf d'entente par le gouvernement.

9. — Le Conseil devrait se réunir à intervalles réguliers.

10. — Les objets sur lesquels devraient délibérer les Conseils devraient comprendre des matières appropriées affectant plusieurs industries, et en particulier l'établissement d'une coopération plus étroite entre employeurs et employés. Les questions liées à la démobilisation devront également appeler tout de suite l'attention.

11. — Un des principaux facteurs du problème, tel qu'il se présente actuellement, consiste dans les garanties données par le gouvernement, avec la sanction parlementaire, et les diverses entreprises organisées par les employeurs, de restaurer les règles et coutumes des Trade Unions suspendues pendant la guerre. Ceci ne doit pas signifier que toutes les leçons apprises durant la guerre doivent être perdues, mais la coopération et l'accord entre employeurs et employés doit être une condition essentielle pour déroger à ces garanties et entreprises, et que, si on doit faire de nouveaux arrangements plus satisfaisants en eux-mêmes pour toutes les parties, mais qui ne soient pas aussi en strict accord avec les garanties, ils doivent être l'œuvre commune des employeurs et des employés.

12. — Les matières à étudier par les Conseils doivent évidemment différer beaucoup d'industrie à industrie, car des circonstances et des conditions différentes nécessitent des traitements différents, mais nous sommes d'avis que les suggestions ci-après doivent être prises en considération sous réserve, dans chaque cas, de telles modifications qui serviraient à les adapter aux besoins des diverses industries.

13. — Dans les industries bien organisées, une des premières questions à examiner devrait être l'établissement d'organisations locales et par usine, de manière à compléter et rendre plus effectif le travail des organisations centrales. Ce n'est pas assez d'assurer la coopération au centre, entre les organisations nationales, il est également nécessaire d'organiser l'activité et la coopération des employeurs et employés dans les districts et dans les établissements individuels. Le Conseil national industriel ne doit pas être regardé comme complet en lui-même ; ce qu'il faut c'est une triple organisation, dans les ateliers, les districts, et nationalement. Bien plus, il est essentiel que l'organisation à chacun de ces trois degrés procède d'un principe commun et que l'on assure, dans la plus grande mesure, l'action commune entre eux.

14. — Avec ce but en vue, nous sommes d'avis que les propositions suivantes devraient être faites aux Conseils industriels nationaux :

a) Que des Conseils de district, représentants directs des Trade Unions et des Associations d'employeurs dans l'industrie, soient créés ou développés, en partant de l'organisation actuelle pour la négociation dans les diverses professions ;

b) Que des Comités d'ateliers, représentant la direction et les ouvriers, soient institués dans les usines et agissent en coopération étroite avec les organisations de district et nationaux.

Comme il est de la plus haute importance que le projet prévoyant ces Comités soit tel qu'il puisse être adopté par les Trade Unions et les Associations d'employeurs, son texte devrait être l'objet d'un agrément de ces organisations.

De même que des réunions régulières et la continuité de la coopération sont nécessaires dans le cas de Conseils industriels et nationaux, elles semblent aussi nécessaires dans le cas des organisations de district et d'usines. Le but est d'assurer la coopération en fournissant aux ouvriers une plus grande part à l'étude des matières relatives à leur industrie, et cela ne peut être obtenu qu'en maintenant en contact constant employeurs et ouvriers.

15. — Les fonctions respectives des Comités d'usines, des Conseils de district et des Conseils nationaux auront sans doute besoin d'être déterminées séparément en accord avec les conditions variables des différentes industries. Il sera nécessaire de prendre soin dans chaque cas de déterminer avec précision leurs fonctions respectives afin d'éviter que les Comités excèdent leurs attributions et que des frottements en soient la conséquence. Par exemple, lorsque les conditions du travail seront déterminées par des agréments nationaux, les Conseils de district ou les Comités d'ateliers ne devraient pas être autorisés à contracter en dehors des conditions ainsi fixées ; de même, lorsque les conditions seront déterminées par des agréments locaux, les pouvoirs nécessaires seraient donnés aux Comités d'usines.

16. — Parmi les questions que l'on peut suggérer aux Conseils nationaux de traiter ou réserver aux Conseils de district ou aux Comités d'ateliers, on peut choisir les suivantes comme à mentionner spécialement :

1° La meilleure utilisation des connaissances pratiques et de l'expérience des ouvriers ;

2° Les moyens d'assurer aux ouvriers une plus grande participation et une plus grande responsabilité dans la détermination et l'observation des conditions dans lesquelles ils exécutent leur travail ;

3° L'établissement des principes généraux fixant les conditions d'emploi, y compris les méthodes de fixer, payer et modifier les salaires en tenant compte de la nécessité d'assurer une part dans la prospérité croissante de l'industrie ;

4° L'établissement de méthodes régulières de négociations pour les questions venant à naître entre employeurs et ouvriers, dans le but tout à la fois d'éviter des discussions et d'assurer le meilleur règlement possible quand ces discussions viennent à naître ;

5° Les moyens d'assurer aux travailleurs la plus grande sécurité possible dans leurs salaires et leur emploi sans gêner à tort les changements d'occupation ou d'employeur ;

6° Les méthodes de fixer et de déterminer les gages, prix

Digitized by Google

aux pièces, etc.. et de traiter les nombreuses difficultés qui apparaissent en ce qui regarde la méthode et le montant du paiement en dehors de la fixation des salaires normaux ou généraux dont il est déjà parlé au paragraphe 3 ;

7° Education et entraînement techniques ;

8° Recherches industrielles et pleine utilisation de leurs résultats ;

9° La prévision des facilités pour le plein examen et l'utilisation des inventions et améliorations faites par des ouvriers et pour la juste sauvegarde des droits des inventeurs de ces améliorations ;

10° Améliorations des procédés, du mécanisme et de l'organisation des questions propres à la direction et à l'examen des expériences industrielles, avec référence spéciale à la coopération lors de la mise en pratique d'idées nouvelles et pleine considération du point de vue des ouvriers en ce qui les concerne;

11° Législation proposée relativement à l'industrie.

17. — Les méthodes par lesquelles les fonctions des Conseils proposés devraient être coordonnées avec celles des autres corps dans les différents districts et dans les diverses usines de ces districts, varient nécessairement avec la profession. Néanmoins, il peut être de la meilleure politique de laisser aux représentants de la profession eux-mêmes le soin de formuler des projets applicables à leurs circonstances spéciales, étant bien entendu qu'il est essentiel d'assurer dans chaque industrie, dans le plus large mesure, la coopération entre employeurs et employés, tout à la fois par les Conseils nationaux en général et plus particulièrement par les Comités de district et les Comités d'atelier.

18. — Il semblerait convenable que le Gouvernement présente les propositions relatives aux Conseils industriels nationaux aux Associations d'employeurs et d'ouvriers et les invite à adopter telles mesures qui seraient nécessaires pour leur création là où ils n'existeraient pas déjà. Des mesures convenables devraient aussi être prises en temps utile pour présenter la question au grand public.

19. — En transmettant les propositions aux parties, nous pensons que le Gouvernement devrait offrir d'être représenté, à titre consultatif, dans les réunions préliminaires du Conseil, si les parties le désirent. Nous sommes aussi d'avis que le Gouvernement devrait entreprendre de fournir aux divers Conseils toutes informations sur les sujets industriels qui seraient à sa disposition et de nature à avoir quelque valeur.

20. — Il a été suggéré que des mesures soient prévues pour sauvegarder les intérêts de la communauté contre une action possible d'un caractère anti-social de la part des Conseils ; nous avons néanmoins admis aussi que les Conseils, dans leur travail, pourraient développer les intérêts de leur propre industrie, mais tiendront compte de l'intérêt national. S'ils remplissent leurs fonctions, ils seront les meilleurs constructeurs de la prospérité nationale. L'Etat ne se départit jamais du pouvoir supérieur qui lui appartient, mais un tel pouvoir est d'autant moins nécessaire qu'il y est fait moins obstacle.

21. — Il nous semble qu'il peut être désirable plus tard pour l'Etat de donner la sanction de la loi aux agréments arrêtés par les Conseils, mais l'initiative dans cette direction doit venir du Conseil lui-même.

22. — Le plan esquissé dans le paragraphe précédent est applicable dans la forme où il est donné uniquement aux industries ayant des Associations responsables d'employeurs et d'ouvriers qui peuvent prétendre être réellement représentatives. Le cas de métiers ou sections de métiers moins bien organisés demanderait une étude ultérieure. Nous espérons être en position de présenter rapidement des recommandations qui prépareraient la voie pour l'utilisation active dans ces métiers de la même coopération pratique, telle qu'elle est prévue dans les propositions faites ci-dessus pour les métiers arrivés à un plus haut degré d'organisation.

23. — Il peut être désirable de donner ici notre opinion motivée que les conditions essentielles pour assurer une amélioration permanente dans les relations entre employeurs et employés est une organisation approfondie tout à la fois des employeurs et employés. Les propositions faites pour la coopération entre diverses industries n'obtiendront le succès final que s'il y a de telles organisations des deux côtés : une telle organisation est nécessaire aussi pour fournir les moyens de mettre efficacement en pratique les arrangements et agréments intervenus.

24. — Nous avons voulu nous abstenir de faire des suggestions ou exprimer des opinions sur des matières telles que participations aux bénéfices, associations, ou systèmes particuliers de salaires, etc... Il aurait été impraticable pour nous de faire aucune recommandation utile sur de telles matières, si l'on tient compte des conditions variables dans les différents métiers ; nous sommes convaincus cependant qu'une amélioration permanente dans les relations entre employeurs et employés doit être fondée sur quelque chose d'autre qu'une question d'argent. Ce qui est nécessaire, c'est que les ouvriers aient une grande facilité à participer dans la discussion et l'ajustement des parties de l'industrie qui les affectent le plus.

25. — Les projets recommandés dans ce rapport ne sont pas seulement destinés au traitement des problèmes industriels lorsqu'ils sont arrivés à l'état aigu, mais aussi, et plus spécialement, pour éviter qu'ils arrivent à l'état aigu. Nous croyons que des réunions régulières pour discuter les questions industrielles, indépendamment et antérieurement à toutes discussions relatives aux points qui pourraient déterminer des frottements, réduiraient considérablement les occasions dans lesquelles, au point de vue, soit des employés, soit des employeurs, il serait nécessaire de recourir à un arrêt du travail.

26. — Nous voulons espérer que les représentants de chaque industrie, fiers d'avoir été appelés à cette place pour contribuer à la prospérité nationale, se rencontreront de la manière ici suggérée et s'appliqueront à créer l'harmonie industrielle, le meilleur rendement et la suppression de tous les obstacles qui ont pu se trouver jusqu'à présent sur son chemin.

Nous avons l'honneur d'être, Monsieur, vos obéissants serviteurs,

J.-H. Whitley, *président*.
F.-S. Button, Geo. J. Carter, S.-J. Chapman, G.-H. Claughton, J.-R. Clynes, J.-A. Hobson, A. Susan-Lawrence, J.-J. Mallon, Thos R. Ratcliffe-Ellis, Robt. Smillie, Allan M. Smith, Mona Wilson ;
H.-J. Wilson et Arthur Greenwood *secrétaires*.

Appendice

Les questions suivantes ont été adressées par le Comité de reconstitution au Sous-Comité des relations entre employeurs et employés dans le but d'éclaircir certains

Digitized by Google

points qui paraissaient demander de plus amples explications. Les réponses suivent.

Q. 1. — Dans quelles classes d'industries le rapport provisoire propose-t-il que des Conseils industriels soient établis? Quelle est la base de classification que le Sous-Comité a en vue?

R. 1. — Il a été suggéré que dans le but d'étudier l'établissement de Conseils industriels ou d'autres corps destinés à les aider dans l'amélioration des relations entre employeurs et employés, les diverses industries soient groupées en trois classes : *a*) industries dans lesquelles l'organisation, tant des employeurs que des employés, est suffisamment développée pour que les Conseils représentent réellement l'industrie; *b*) industries dans lesquelles où, soit du côté des employeurs, soit du côté des employés, soit des deux côtés, le degré d'organisation, quoique considérable déjà, est moins marqué qu'en *a*) et est insuffisant pour que les Conseils soient vraiment représentatifs; et *c*) industries dans lesquelles l'organisation est si imparfaite du côté des employeurs ou des employés, ou des deux côtés, qu'aucune Association ne peut être considérée comme représentant réellement les personnes engagées dans le métier.

Il est clair que l'analyse des industries montrerait qu'il y en a qui sont à la limite de ces groupes, et un examen spécial devra être fait pour ces métiers. En ce qui concerne les groupes *a*) et *c*), il y a déjà un grand nombre de métiers qui peuvent y être inscrits; le groupe *b*) est forcément moins bien déterminé.

Pour les métiers du groupe *a*), le Comité a proposé l'établissement de Conseils industriels mixtes dans plusieurs métiers. En traitant les diverses industries, il peut être nécessaire d'examiner spécialement le cas de parties de ces industries figurant au groupe *a*) dont l'organisation n'est pas complètement développée.

Q. 2. — Le mécanisme proposé doit-il être ajouté ou substitué au mécanisme existant? Propose-t-on que le mécanisme existant soit suspendu? On entend par mécanisme existant les bureaux de conciliation et toutes les autres organisations en vue de conférence et de discussion entre employeurs et employés.

R. 2. — Dans les métiers les mieux organisés, il existe déjà des Comités mixtes ayant des buts spéciaux. Il n'est pas proposé que les Conseils industriels détruisent nécessairement ces corps existants. Un Conseil serait libre, s'il le choisissait et si les corps existant l'approuvaient, de fondre les Comités existant dans le Conseil ou de les associer avec le Conseil comme Sous-Comités.

Q. 3. — Entend-on que les membres du Conseil doivent être exclusivement des représentants élus par les Associations d'employeurs et les Trade Unions? Quel est le point de vue du Sous-Comité en ce qui concerne l'entrée de nouvelles organisations nées postérieurement à la création des Conseils.

R. 3. — Il est entendu que les Conseils doivent se composer uniquement de représentants des Trade Unions et des Associations d'employeurs, et que les nouvelles organisations ne peuvent y être admises qu'avec l'approbation du côté intéressé du Conseil dont la nouvelle organisation serait appelée à faire partie.

Q. 4. — *a*) Est-il entendu que les décisions prises par les Conseils seront obligatoires pour les corps qui y sont représentés? S'il en est ainsi, cet effet obligatoire doit-il être soumis au consentement de chacune des Associations d'employeurs ou Trade Unions qu'il affecte?

R. 4. — *a*) Il est prévu que les agréments présentés par les Conseils industriels, quoique ne possédant pas naturellement force de loi, doivent entraîner la même obligation pour leur observation que celle qui existe dans les autres agréments entre les Associations d'employeurs et Trade Unions. Un Conseil étant du côté des ouvriers, basé sur les Trade Unions dans l'industrie, ses pouvoirs ou son autorité ne peuvent être que ceux que les Trade Unions qui le constituent auront librement acceptés.

Q. 4. — *b*) En particulier, est-il entendu que tous les engagements pris, soit par le gouvernement ou les employeurs, pour la remise en vigueur des règles et pratiques des Trade Unions après la guerre doivent être tenus sans distinction, à moins que les Trade Unions particuliers ne consentent à leur modification; ou bien au contraire que le Conseil industriel ait le pouvoir de décider toute question par un vote de la majorité des représentants des ouvriers de tous les Trade Unions de l'industrie?

R. 4. — *b*) Il est nettement entendu que tous les engagements relatifs à la restauration des règles des Trade Unions doivent être tenus sans distinction, à moins que les Trade Unions particuliers consentent à leur modification; et il n'est pas entendu que le Conseil aura le pouvoir de décider toute question par un vote de la majorité des représentants des ouvriers de tous les Trade Unions de l'industrie.

Second rapport.

Au Premier ministre Lloyd George.

Comme suite aux propositions faites dans notre premier rapport, nous avons l'honneur de présenter les recommandations suivantes, en ce qui concerne les industries où l'organisation du côté des employeurs ou des employés est moins complètement réalisée que pour les industries visées dans le rapport précédent, ainsi que les industries où cette organisation est faible ou inexistante.

2. — Avant de commencer l'examen de ces industries, le Comité a été amené à conclure que les enquêtes seraient grandement facilitées, si elles pouvaient profiter des connaissances et de l'expérience de quelques employeurs appartenant aux industries dont le Comité allait s'occuper; il a été convenu, avec approbation, que sir Maurice Lewy, M. F.-N Hepworth, M. W. Hill et M. D.-R.-H. Williams seraient désignés pour siéger au Comité, pendant qu'il s'occuperait de ces industries. Cet arrangement a permis de dispenser d'assister aux premières réunions du Comité sir Gilbert Claughton, sir T. Ratcliffe-Ellis, sir George J. Carter et M. Allan Smith, dont le temps est grandement pris par d'autres services publics et dont l'expérience a surtout trait aux métiers organisés, objet de notre premier rapport.

3. — Il est difficile de classer les industries d'après le degré d'organisation des employeurs et employés, mais, pour faciliter l'étude, les industries peuvent être divisées en trois groupes :

Groupe A. — Se compose des industries où l'organisation des employeurs et des employés est assez développée pour que leurs organisations respectives représentent la grande majorité de ceux engagés dans l'industrie. Ce sont les industries que nous avions en vue dans notre premier rapport.

Groupe B. — Comprend les industries où, soit du côté des employeurs ou des employés, ou des deux, l'organisation, quoique importante, est moins complète que dans le groupe A.

Groupe C. — Comprend les industries où l'organisation

Digitized by Google

est si imparfaite, soit du côté des employeurs ou des employés ou des deux, qu'aucune Association ne peut être considérée comme représentant suffisamment ceux engagés dans l'industrie.

Le présent rapport a trait aux groupes B et C.

4. — Dans les groupes A et C, un grand nombre d'industries peuvent être inscrites; mais le groupe B est nécessairement moins net. Quelques industries de ce groupe sont très proches de celles du groupe A; d'autres se rapprochent du groupe C. En outre, la plupart des industries, à quelque classe qu'elles appartiennent ont une « queue » composée de régions ou de sections mal organisées. Nous avons eu ces faits présents à l esprit en formulant nos propositions ci-après.

5. — En ce qui concerne les industries du groupe B, nous pensons que les propositions de notre premier rapport devraient, dans leurs grandes lignes, être appliquées à celles qui, après examen du ministre du Travail et avis des Associations intéressées, seront reconnues relativement bien organisées. Nous suggérons, toutefois, que dans celle de ces industries, où serait constitué un Conseil national, un ou deux représentants officiels soient désignés pour aider à la constitution du Conseil et continuent, après sa création, à agir comme conseil et comme liaison avec le gouvernement. Nous ne songeons pas à faire de ce représentant désigné un membre du Conseil national industriel, en ce sens qu'il ait un pouvoir quelconque, par son vote, d'influencer les décisions du Conseil; mais il doit prendre part aux réunions et apporter une aide de toutes les manières qu'il trouvera acceptable. En agissant ainsi, il acquierrait une connaissance continue des conditions de l'industrie, dont le gouvernement pourrait profiter et qui lui permettrait d'éviter bien des erreurs qui sont inévitables dans les conditions actuelles.

La question du maintien des représentants officiels serait examinée par les Conseils à la lumière de l'expérience, au bout d'un temps convenable. Nous supposons que, dans bien des cas, leur maintien sera trouvé avantageux, même quand une industrie aura atteint un haut degré d'organisation. En aucun cas ils ne devraient rester que sur le désir exprès du Conseil.

6. — Il peut arriver, dans des industries du groupe B, où un Conseil national a été formé, que certaines régions soient bien préparées pour la formation d'un Conseil de district, tandis que dans d'autres régions, l'organisation des employeurs ou des employés où toutes deux soient trop faibles pour être tenues comme représentatives. Il ne paraît pas y avoir de bonnes raisons pour qu'il n'y ait pas dans les premières de Conseils de district, agissant en sus des Conseils nationaux industriels, d'accord avec les principes formulés dans le premier rapport du Comité sur les métiers bien organisés.

7. — Un examen de quelques industries, appartenant au groupe B, peut montrer qu'il y en a qui, par suite des particularités du métier et de leur distribution géographique, ne paraissent pas, quant à présent, pouvoir être en état de motiver des propositions pour un Conseil industriel national, quoiqu'elles soient tout à fait bien organisées dans deux ou plusieurs districts. Dans ce cas, nous pensons que l'on pourrait très bien former un ou plusieurs Conseils de district. Nous prévoyons qu'avec le temps l'influence des Conseils de district deviendrait telle que l'industrie deviendrait mûre pour la création d'un Conseil industriel national.

8. — Dans le cas des industries du groupe B (comme dans les industries visées dans notre premier rapport) nous pensons que les membres des Conseils nationaux et de district doivent représenter les Associations d'employeurs et les Trade Unions. Dans la formation des Conseils, on doit tenir compte des diverses sections de l'industrie et des différentes catégories de travailleurs, et les représentants doivent comprendre des représentants des organisations féminines. En raison de l'importance suivant laquelle les femmes sont employées dans ces industries, nous pensons que les Trade Unions, en choisissant leurs représentants au Conseil, doivent comprendre un certain nombre de femmes prises parmi celles qui sont désignées pour en être membres.

9. — Il ne nous paraît ni nécessaire, ni désirable, de fixer un degré d'organisation, qui devrait exister dans une industrie, avant qu'un Conseil national soit formé; mais, en raison de la grande variété des circonstances dans ces industries et des degrés différents auxquels les diverses sections de certaines d'entre elles sont organisées, nous en sommes arrivés à penser qu'il est plus désirable de laisser la question à la décision du ministre du Travail et des organisations compétentes. Quelle que soit la base théorique adoptée, nous pensons que son application ne doit pas être une cause de gêne dans une direction quelconque.

10. — Le niveau de l'organisation dans les industries du groupe C est telle que le projet de Conseils nationaux ou de district que nous avons proposé, devient inapplicable. Pour ces industries, le mécanisme du Trade Boards Act pourrait être appliqué, jusqu'au développement d'un degré d'organisation telle qu'il rende possible la création de Conseils nationaux ou de district.

11. — Le Trade Boards Act avait à l'origine pour objet d'assurer l'établissement d'un minimum de salaires dans certaines industries inorganisées, mais nous estimons que les Trade Boards devraient être regardés comme le moyen de fournir un mécanisme régulier pour négocier et décider au sujet de certains genres de questions qui se règlent dans d'autres circonstances par un marchandage collectif entre les organisations d'employeurs et les Trade Unions.

Pour que le Trade Boards Act puisse être d'une plus grande utilité pour les industries ou sections d'industrie inorganisées ou mal organisées, nous pensons qu'il est nécessaire de faire certaines modifications pour élargir les fonctions des Trade Boards. Nous suggérons qu'ils devraient avoir le pouvoir de s'occuper, non seulement du taux minimum de salaires, mais aussi des heures de travail et des questions se rattachant aux salaires et aux heures. Nous sommes d'avis que les fonctions des Trade Boards devraient être étendues de manière à leur permettre d'ouvrir et de conduire des enquêtes sur toutes les questions intéressant leur industrie ou leur section d'industrie.

12. — Si ces propositions étaient adoptées, il serait établi, dans beaucoup d'industries ou de sections d'industrie, des Trade Boards (composés de représentants des employeurs et des employés et de membres nommés) qui, dans la limite de leurs fonctions, fixeraient les salaires minimum et les conditions applicables à l'industrie ou la section d'industrie qu'ils représentent et étudieraient méthodiquement les questions qui touchent à la prospérité de l'industrie.

13. — Quand une industrie du groupe C devient suffisamment organisée pour permettre la création de Conseils nationaux et de district, nous pensons que ceux-ci doivent être constitués sur les bases indiquées. Quand un Trade Board estimera qu'un Conseil industriel doit être constitué dans l'industrie qui le concerne, il devrait avoir le pouvoir *a*) d'adresser une requête au ministre du Travail lui deman-

Digitized by Google

dant de rapprocher les organisations d'employeurs et d'employés et, *b*) de proposer un projet aux termes duquel la représentation des ouvriers et des patrons du Trade Board soit assurée.

14. — Dans les industries du groupe C, la création du Comité d'usine est une question qui doit faire l'objet d'un examen soigneux. Nous avons fait de la question générale des Comités d'usine l'objet d'un rapport spécial.

15. — Nous avons déjà montré que la plupart des industries des groupes A et B ont des sections ou des régions, où le degré d'organisation des employeurs et des employés tombe bien au-dessous de la normale dans le reste de l'industrie ; il nous paraît désirable que le corps général des employeurs et des employés dans toute industrie ait quelque moyen de porter toute l'industrie au degré minimum de condition qui aura été accepté par une majorité considérable dans l'industrie. Nous recommandons en conséquence que, sur la requête d'un Conseil national d'industrie suffisamment représentatif d'une industrie, le ministre du Travail ait le pouvoir, s'il estime que le cas est convenable, de signer un Ordre constituant pour une section de l'industrie un Trade Board, dans lequel le Conseil national industriel serait représenté, ou constituant le Conseil national en Trade Board dans les conditions du Trade Board Act: Ces propositions n'ont pas pour but de limiter, mais d'ajouter aux pouvoirs que possède actuellement le ministre du Travail, en ce qui concerne l'établissement de Trade Board dans les métiers ou industrie où le ministre le juge nécessaire.

16. — Nous avons déjà indiqué 9) que les circonstances et le caractère de chaque industrie nécessitent un examen avant de décider jusqu'à quel point chacune de nos propositions peut être appliquée dans des cas particuliers, et nous nous sommes abstenus d'essayer de fixer un degré précis d'organisation qui serait nécessaire avant d'appliquer une de nos propositions. Nous pensons cependant que la suggestion du paragraphe précédent de donner à un Conseil national industriel les pouvoirs d'un Trade Board ne devrait être adopté que dans les cas où le ministre du Travail s'est assuré que le Conseil représente une importante majorité de l'industrie en question.

17. — Nous sommes d'avis que la plupart des industries de ce pays peuvent être rangées dans les projets contenus dans ce rapport et le rapport précédent. Il y aurait donc, en gros, deux classes d'industrie : celles qui auront un Conseil industriel national et celles qui auront un Trade Board.

18. — Dans le premier groupe, les Conseils industriels nationaux seraient constitués, soit de la manière que nous avons indiquée dans notre premier rapport et comporteront des Conseils de district et des Comités d'usine, soit sur les bases indiquées au présent rapport, c'est-à-dire que chaque Conseil répondant aux idées de ce rapport sera complété par un ou deux représentants officiels qui agiront à titre consultatif et en liaison avec le gouvernement, et s'ajouteront aux représentants des employeurs et des employés.

19. — Il faut noter que, dans le cas des industries où il y aura un Conseil national, un Trade Board pourrait dans certains cas, collaborer avec le Conseil pour la fixation des salaires et des heures, etc., dans certaines sections ou régions. Il est possible que dans certains métiers alliés, faisant en réalité partie de la même industrie, deux séries de proposition pourraient à l'origine être en vigueur côte à côte, l'un des métiers ayant un Conseil national et l'autre un Trade Board. Quand ces circonstances se produiront, nous estimons que le Trade Board sera un premier degré en attendant la pleine constitution d'un Conseil national.

20. — Il peut être utile de fournir un bref résumé des propositions que nous avons faites jusqu'ici :

a) Dans les industries les mieux organisées (groupe A) nous proposons une organisation triple, des corps nationaux, de district et d'usine, tels qu'ils sont définis dans notre premier rapport :

b) Dans les industries où il y a des représentants des employeurs et des employés, qui cependant n'auraient pas l'autorité de ceux du groupe A, nous proposons que la triple organisation soit modifiée en attachant à chaque Conseil industriel national un ou au plus deux représentants du ministre du Travail, avec voix consultative.

c) Dans les industries des groupes A et B, nous proposons que les régions ou branches d'une industrie encore inorganisées soient pourvues, sur la demande du Conseil industriel national et avec l'approbation du ministre du Travail, de Trade Board pour ces régions ou branches, rattachées au Conseil industriel.

d) Dans les industries qui n'ont pas d'organisation suffisante des employeurs ou des employés, nous recommandons que les Trade Boards soient maintenus ou créés et qu'avec l'approbation du Ministre ils puissent préparer un projet de Conseil industriel qui pourrait comprendre comme Conseils des membres « nommés » par le Trade Board.

21. — On observera que la politique que nous recommandons est basée sur une organisation chez les employeurs et les employés. Là où elle est suffisante, comme dans les industries du groupe A, il n'y a pas besoin d'assistance extérieure. Dans les industries du groupe B, nous pensons que ces organisations seront heureuses de disposer des services d'un représentant officiel qui sera leur conseiller et les rattachera au gouvernement. Dans les sections inorganisées des deux groupes, nous pensons que l'assistance du gouvernement dans une plus large mesure sera désirable et acceptable et nous avons en conséquence suggéré le mécanisme du Trade Board Act. Dans les industries du groupe C, nous pensons que l'organisation doit être encouragée par l'emploi des pouvoirs du Trade Boards Act, et là où des Conseils industriels nationaux seraient créés ; nous recommandons que les membres « nommés » du Trade Board doivent agir comme conseils avec voix consultative. Bref, nos propositions sont que l'étendue de l'assistance de l'État doit varier en raison inverse du degré d'organisation dans les industries.

22. — Nous ne regardons pas cependant l'assistance du gouvernement comme équivalente à l'organisation des employeurs et des employés. Au contraire, nous ne la considérons que comme un moyen de pousser à la croissance et au développement de telles organisations.

23. — Nous jugeons utile à ce point de vue de répéter ce passage de notre premier rapport.

« Il peut être désirable de déclarer ici notre opinion arrêtée qu'une condition essentielle pour assurer une amélioration permanente des relations entre employeurs et employés est qu'il existe une organisation suffisante aussi bien du côté des employeurs que des employés. Les propositions exposées pour une coopération dans les diverses industries ont comme condition de succès final qu'il y ait de telles organisations des deux côtés ; et une telle organisation est aussi nécessaire pour que les arrangements et agréements conclus pour l'industrie puissent être effectivement appliqués. »

24. — En examinant l'aspect de ces questions, nous sommes arrivés à cette opinion que l'expression « employeurs et ouvriers » s'étend aux autorités d'État et

Digitized by Google

municipales et aux personnes qu'elles emploient. En conséquence nous recommandons que ces autorités et leur personnel ouvrier prennent en considération les propositions du présent rapport et du précédent, en vue de déterminer comment ces propositions peuvent être adaptées à leur cas.

Nous comprenons que le ministre du Travail a transmis jusqu'ici notre premier rapport seulement aux associations d'employeurs et d'ouvriers dans les industries privées. Nous pensons, cependant, que ce rapport et le précédent devraient être aussi portés à la connaissance des départements d'État et des autorités municipales employant du travail.

Troisième rapport.

Au Premier Ministre Lloyd George.

Dans notre premier et notre second rapport, nous avons parlé de Commissions d'usines, où seraient représentés la direction et les ouvriers, et recrutées dans l'usine même, comme une partie essentielle du projet d'organisation que nous suggérions pour assurer des relations meilleures entre employeurs et employés. Le but du présent rapport est de traiter plus complètement la proposition de créer ces Comités.

2. — La meilleure manière d'arriver à de meilleures relations entre les employeurs et leurs ouvriers est de donner à ces derniers une part plus grande dans l'examen des matières auxquelles ils sont intéressés. Dans toute industrie, il y a certaines questions, comme le taux des salaires et les heures de travail, qui devraient être réglées par une entente nationale ou de district, et les Commissions d'usine n'auraient pas le droit d'intervenir dans les questions ainsi réglées; mais il y a bien d'autres questions qui touchent de près à la vie journalière et au confort, et au succès de l'affaire, qui n'affectent qu'à un faible degré le rendement du travail et sont particulières à un atelier ou une usine. L'objet du Comité d'usine est d'établir et de maintenir un système de coopération dans toutes ces questions d'atelier.

3. — Nous avons, dans toutes nos recommandations, admis l'hypothèse que l'on a chance d'obtenir le plus grand succès en laissant au corps représentant employeurs et employés dans chaque industrie la plus grande liberté de fixer la forme précise des Conseils ou Comités à créer, en tenant compte, dans chaque cas, des conditions particulières au métier; d'accord avec ce principe, nous nous abstenons d'indiquer une forme précise pour la constitution des Comités d'usine. Nos propositions supposent seulement l'existence d'organisations d'employeurs et d'employés et la reconnaissance franche et entière de ces organisations. Des comités d'usines qui ne seraient pas établis d'accord avec ces principes, ne pourraient pas être regardés comme répondant au projet que nous avons recommandé et pourraient, en effet, être un empêchement au développement des nouvelles relations dans l'industrie que nous avons en vue. Nous pensons que le but devrait être une organisation complète et cohérente du métier pour les deux parties, et les comités d'usine n'auront de valeur que s'ils contribuent à ce résultat.

4. — Nous sommes d'avis que le succès complet des comités d'usine dépend nécessairement et largement du degré et de l'efficacité de l'organisation dans le métier et de l'étendue suivant laquelle les comités peuvent être reliés, dans l'organisation telle que nous la concevons, au reste du projet que nous proposons, c'est-à-dire les Conseils de district et nationaux. Nous considérons comme important de déclarer que le succès des comités d'usine serait gravement compromis si ces comités étaient utilisés ou pouvaient être utilisés par les employeurs en opposition au Trade Unionism. Nous sommes fortement convaincus que la création de comités d'usines sans la coopération des Trade Unions et des associations patronales du métier ou de la branche de métier serait un obstacle à l'amélioration des relations industrielles que nous avons essayé de poursuivre dans nos rapports.

5. — Dans une industrie où les ouvriers sont inorganisés ou n'ont qu'une organisation partielle, il y a danger à utiliser ou à essayer d'utiliser les comités d'usine en opposition au Trade Unionism. Il est important de ne pas éveiller de pareilles craintes en lançant un projet. Nous considérons le succès des comités d'usines comme la large base de l'organisation industrielle que nous avons recommandée et comme le moyen de lier l'intérêt des ouvriers au succès tout à la fois de l'industrie à laquelle ils appartiennent et de l'atelier ou de l'usine où ils passent la plus grande partie de leur vie. Ces comités ne devraient pas, dans leur constitution ou leur méthode de travail, décourager l'organisation du métier.

6. — Les comités d'usine devraient, à notre avis, avoir des réunions régulières à dates fixes, et, comme règle générale, au moins une fois par quinzaine. Ils devraient toujours avoir à l'esprit l'idée de coopération constructive dans le développement de l'industrie à laquelle ils appartiennent. Les propositions de tout genre devraient être examinées franchement et discutées librement. Les propositions pratiques devraient être examinées à tous points de vue. Il y a une source négligée de capacité constructive — c'est aussi vrai dans l'industrie que dans l'État — qui attend les moyens de réalisation; des problèmes, anciens ou nouveaux, trouveront leur solution dans une franche participation des connaissances, de l'expérience et de la bonne volonté. Les comités d'usine manqueraient leur but principal s'ils n'existaient que pour aplanir quelques griefs.

7. — Nous reconnaissons que parfois une question sera soulevée que la direction ou les ouvriers considéreront comme des questions ne pouvant être discutées dans ces réunions communes. Quand cela se produira, nous pensons que la bonne volonté résultera naturellement de l'exposé amical des raisons pour lesquelles cette réserve sera faite.

8. — Nous regardons le développement heureux et l'utilisation des Comités d'usine dans une affaire sur les bases recommandées dans ce rapport comme d'importance égale à son rendement scientifique et commercial; et nous pensons que, dans chaque cas, un des associés ou administrateurs, ou tout autre représentant de la direction, sera bien inspiré en consacrant une part sérieuse de son temps et de ses réflexions à assurer le bon fonctionnement et le développement d'un tel Comité.

9. — Il y a eu quelques essais, avant et pendant la guerre, des avantages des Comités d'usine et nous pensons qu'il convient de recommander très énergiquement aux employeurs et aux employés, simultanément au projet d'établissement des Conseils industriels nationaux et de district, d'examiner ces essais en vue d'instituer des Comités d'usine sur des bases appropriées, dans les usines où les conditions rendent cette formation pratique. Nous avons recommandé que le ministre du Travail prépare un compte rendu des essais connus de Comités d'usine, avant comme pendant la guerre, et y joigne des informations sur les règlements et les rapports relatifs à ces Comités et y ajoute un mémoire destiné à guider les employeurs et les travailleurs en géné-

Digitized by Google

ral ; nous croyons savoir qu'un mémoire de ce genre est en préparation.

10. — En vue d'assurer des principes d'action uniforme et commune, il est essentiel que là où il existe des Conseils industriels nationaux et de district, les Comités d'usine soient en contact étroit avec eux, et les projets pour rattacher les Comités d'usine aux Conseils devraient être étudiés et arrêtés par les Conseils nationaux.

11. — Il nous a paru préférable de ne pas tenter d'indiquer une formule spécifique de Comités d'usine. Les établissements industriels sont tellement différents, comme surface, nombre de personnes employées, multiplicité de départements et autres conditions, qu'une forme particulière de Comité d'usine doit être adaptée aux circonstances de chaque cas. Il serait par suite impossible de formuler un projet satisfaisant qui ne soit pas d'une très grande élasticité.

Nous avons confiance que la nature de l'organisation particulière, nécessaire dans les différents cas, sera réalisée sans difficulté grâce à la bonne volonté des deux parties.

Congrès général du Génie civil (*Suite*)

TRAVAUX DE LA SECTION VIII

Cette section dont la mission était l'étude de l' « organisation rationnelle du travail industriel », avait pour président M. Victor Cambon et pour vice-président M. Paul Besson.

Dix-neuf rapports ont été présentés devant cette section ; nous donnons ci-après une brève analyse des huit premiers ; nous ne faisons que mentionner les autres, qui ne touchent pas directement l'électrotechnique :

Les ententes industrielles et leur organisation en syndicats coopératifs, par E. Barbet, V. Cambon et F. Mainié.

La mise en pratique des nouvelles méthodes de travail, par Ch. de Fréminville.

L'enseignement technique secondaire, par L. Eyrolles.

L'organisation en France d'offices de documentation, par le général Sébert.

L'organisation du crédit industriel et la mobilisation de la propriété foncière, par A. de Pianelli.

La période de transition pour la formation des ingénieurs et techniciens après la guerre, par le lieutenant-colonel Espitallier.

L'industrie et la publicité, par Raymond Clémang.

La banque, par Raphaël-Georges Lévy.

Modifications à faire subir aux articles 419 et 420 du Code pénal, par H. Hauser.

L'utilisation de la main-d'œuvre coloniale dans l'industrie métropolitaine, par Fauchère.

Le projet de M. de Pianelli, par R.-G. Lévy.

Quelques idées américaines modernes sur la formation des ingénieurs, par A. Rabut.

L'apprentissage dans les industries artistiques, par A. Vaunois.

L'apprentissage, par Kula.

L'éducation des adolescents, par Ch. Quillard.

Un exemple de formation mutuelle des apprentis et des cadres (administration industrielle), par Paul Lecler.

L'apprentissage dans les industries mécaniques, par M. Lacoin.

L'éducation nationale et la leçon de la guerre, par F. Pouthier.

La réforme de l'éducation nationale, par G. Hersent.

Ententes industrielles et leur organisation en syndicats coopératifs (1).

Voici sur quelles bases les rapporteurs entendent réaliser leurs idées : ils rappellent d'abord ce qu'est le *contingentement* employé jusqu'à ce jour par les ententes et les cartels pour répartir les débouchés entre les producteurs au moment où l'écoulement semblant devenir inférieur à la production, les cartels se sont condamnés à limiter la production. D'après les rapporteurs, le contingentement est la pierre d'achoppement des ententes industrielles ; pour eux, la sous-production ne se se justifie pas ; il faut produire toujours davantage et *trouver* les débouchés ; quand ceux-ci semblent manquer, c'est que des nations concurrentes les ont accaparés ; il faut les leur reprendre. — La formule du syndicat *obligatoire* ne semble pas réalisable aux rapporteurs et ils montrent comment les choses doivent se passer dans le cas d'ententes libres.

Pour chaque espèce d'industrie la loi nouvelle ne devra admettre qu'une seule entente ; tout nouvel industriel créant une usine pourra s'adresser à cette unique association industrielle et lui demander son admission, mais il ne pourra l'exiger. Il faut que l'inventeur soit assuré de recevoir bon accueil dans les nouvelles ententes industrielles.

Ils examinent ensuite quelle devra être la discipline des ententes (jamais d'oppression sur le consommateur, en particulier) ; ils montrent les avantages assurés par les syndicats coopératifs qu'ils préconisent ; leur rôle vis-à-vis de l'administration ; ils traitent la question des bénéfices et le statut légal des « ententes industrielles » (en particulier, suppression de l'article 419 du Code pénal). Enfin, leur conclusion est pleine d'énergie : « le problème des syndicats coopératifs est une œuvre d'une importance capitale pour l'avenir de notre industrie. Il faut que le Parlement nous libère immédiatement de nos entraves. Reprendre la lutte contre les cartels allemands sans avoir conclu chez nous une trêve aux antagonismes et une coopération disciplinée analogue à la leur serait une pure folie, une infaillible capitulation ! ».

(1) Rapport de MM. E. Barbet, V. Cambon, et F. Mainié.

Digitized by Google

Sur la mise en pratique des nouvelles méthodes de travail (1).

L'auteur a divisé son rapport en quatre chapitres. Tout d'abord il donne les principes généraux de la méthode. « La méthode de Taylor réside dans l'application à tous les rouages de l'industrie, d'une organisation méthodique, beaucoup plus développée que celles dont il avait été fait usage jusqu'ici, assurant, par une spécialisation bien entendue, une coopération féconde de toutes les énergies et de toutes les capacités ».

Cette organisation précise et codifie les devoirs de la direction et règle, dans les moindres détails, la façon dont le travail de l'ouvrier doit être préparé et exécuté; elle choisit les méthodes de travail, s'attache à supprimer tout effort musculaire inutile et à régler le salaire sur la base la plus loyale. Insistons sur le point suivant : cette organisation provoque un échange d'idées continuel entre tous les membres intéressés, d'où résulte la coopération; sera-t-elle donc le point de départ d'une crise de l'autorité? Aucunement; mais personne ne devra plus s'incliner devant l'homme « qui a toujours raison ».

Dans un atelier moderne peuvent exister des conditions défectueuses que le meilleur ouvrier est impuissant à modifier; la nouvelle école se propose de démontrer que, seule, une organisation développée permet à l'ouvrier de mettre en valeur ses connaissances techniques et professionnelles.

On entrevoit tout de suite la nécessité de créer un service spécialisé à la *préparation du travail*, depuis le travail de la direction jusqu'au travail de l'ouvrier. Ce sera une sorte d'état-major, qui choisira les méthodes, les procédés, le meilleur outillage; et il ne faudra pas ranger cet état-major sous la rubrique « improductifs » avec l'idée persistante de le réduire à sa plus simple expression.

Il n'existe pas de modèles d'organisation tout faits et intégralement applicables dans chaque cas particulier; la bonne organisation est celle qui peut se plier aux circonstances, à la mentalité des dirigeants et des ouvriers; elle doit, autant que possible, orienter et coordonner les éléments qu'on lui donne.

Passons au chapitre III, intitulé : l'analyse du travail. Citons l'auteur : « l'étude méthodique du travail de l'ouvrier est le meilleur moyen qu'on puisse employer pour reconnaître les défauts d'une organisation existante et les modifications qu'il convient d'y apporter pour amener les ouvriers non seulement à accepter, mais encore à désirer les modifications de l'organisation qui leur permettront de travailler avec plus d'efficacité et de gagner un meilleur salaire ».

L'auteur, passant en revue les différents éléments dont le travail de l'ouvrier se compose ou qui exercent sur lui une influence importante, divise ainsi ce chapitre :

Travail manuel;

Travail de la machine-outil;

Travail de la préparation et de manutention précédant et suivant l'exécution proprement dite du travail;

Distribution du travail;

Instructions servant de guide à l'ouvrier.

En ce qui concerne le « travail manuel », il distingue les travaux de force, les travaux ne demandant qu'un effort modéré et les travaux demandant surtout de l'adresse. Dans chaque cas il montre clairement ce que l'organisation pourrait améliorer. Mais, toujours, une étude minutieuse des conditions de ces travaux s'impose; il donne un exemple simple mais fort suggestif.

Taylor, ayant entrepris l'étude du « travail de la machine-outil » vit combien ce travail était imparfait et combien il reposait sur des données empiriques. Une fois de plus on voit clairement l'importance d'une organisation très complète de l'atelier. On insiste sur l'importance de la façon de présenter à l'ouvrier les perfectionnements qu'on veut introduire dans l'utilisation de la machine-outil.

Le chapitre III s'intitule : L'adaptation. L'auteur s'attache à montrer comment le passage de l'ancien état de choses à la nouvelle organisation peut aisément s'effectuer dans un atelier; il donne le schéma de diagramme d'organisation de Gilbreth et le commente. Importance relative des « études de temps » suivant qu'il s'agit ou non d'un travail en série. L'auteur cite le résultat obtenu, grâce à la préparation du travail, dans le cas d'un service d'entretien et de réparation de matériel électrique d'un grand chantier de construction. Utilité des machines spéciales pour le calcul des prix de revient, etc., des machines à classer les bons de travaux, etc. Il faudrait tout citer de ce chapitre particulièrement instructif.

Le dernier chapitre traite de la coopération. On y insiste sur la formation et le développement de l'ouvrier, sur la place élevée qu'il doit occuper dans l'atelier moderne. A signaler un paragraphe sur la « spécialisation » et l'exemple américain; un autre sur l'apprentissage.

Citons la conclusion de l'auteur : « La méthode analytique, appliquée au travail de l'ouvrier, nous a fait toucher du doigt la nécessité de faire usage d'une organisation très complète pour obtenir un bon rendement de tous les moyens de production : main-d'œuvre et outillage.

« C'est un premier pas.

« Méthode et organisation ne sont que des moyens. Plus que ses devanciers Taylor les a fait pénétrer dans le domaine de l'industrie, mais il a surtout montré l'usage qu'il fallait en faire pour introduire dans l'atelier cet « esprit nouveau » entraînant chacun vers un plus grand développement professionnel, intellectuel et moral : l'esprit de « coopération ». C'est à Fred. W. Taylor que revient l'honneur d'avoir écrit dans le Code du travail, à côté des mots « méthodes » et « organisation » le mot qui résume sa pensée la plus profonde : « Coopération. »

Suit une documentation bibliographique.

(1) Rapport de M. Ch. de Fréminville.

Digitized by Google

L'enseignement technique secondaire (1).

Dans un premier chapitre le rapporteur définit l'enseignement technique secondaire et les conditions d'installation d'une école technique secondaire (élèves de treize à dix-huit ans; internat ou externat!); il étudie la façon dont doit y être compris l'enseignement et préconise la création de deux cours nouveaux : cours de « commerce industriel » et cours « d'administration des établissements industriels ». Dans un second chapitre, il considère les écoles techniques secondaires existantes et les améliorations qu'elles comportent; le dernier chapitre contient les conclusions divisées en vingt paragraphes.

L'organisation en France d'offices de documentation (2).

On ne discute plus aujourd'hui l'utilité de la documentation technique et industrielle. Il reste malheureusement beaucoup à faire en France dans cet ordre d'idées. Le rapporteur expose la solution qui paraît pouvoir être envisagée pour créer, dans notre pays, une organisation compatible avec les conditions spéciales dans lesquelles nous nous trouvons. Il retrace l'historique de la question et s'étend sur le système de classification imaginé par Melvil Dervey, en 1873, en Amérique, qui a conduit à l'élaboration du « Manuel du Répertoire bibliographique universel », en usage à la « R. G. E. »

Il y aura lieu, en France, de rechercher quels sont les centres d'information déjà existants et dont il serait possible d'utiliser les ressources et le concours pour coopérer au fonctionnement d'un office central. On peut discuter les deux formes suivantes à donner à cette création : ou bien réunir, dans un immeuble unique, tous les éléments qui doivent constituer l'office; ou bien on peut se contenter de chercher à établir les relations nécessaires et la coordination entre ces mêmes éléments et adopter un plan uniforme et des méthodes concertées. Pour la France, du moins actuellement, cette dernière solution serait la meilleure.

Après avoir passé en revue les divers offices particuliers et bibliothèques tant publiques que privées pouvant collaborer efficacement à la réalisation de son programme, le rapporteur émet les vœux suivants :

1° Le Congrès émet le vœu que le gouvernement, reconnaissant l'utilité de considérer comme service public intéressant l'État l'organisation de la Documentation technique et industrielle, établisse un plan d'ensemble pour cette organisation systématique et encourage par ses subventions, sans avoir à intervenir autrement dans leur direction, les institutions, publiques ou privées, qui accepteront de prendre part à l'organisation d'offices de Documentation établis d'après le plan adopté et en se conformant aux règles fixées pour l'exécution de ce plan.

2° En outre, le Congrès émet le vœu que l'organe administratif, choisi pour la mise à exécution de ce plan, soit rattaché, le plus tôt possible, au Conservatoire national des Arts et Métiers, et qu'il soit ainsi constitué, avec le concours de la Société des Ingénieurs civils et celui de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, un Office central de Documentation technique et industrielle.

3° En attendant que cette organisation puisse régulièrement fonctionner et pour en faciliter la réalisation, le Congrès émet aussi le vœu qu'une subvention soit allouée, au Bureau bibliographique de Paris, pour lui permettre de faire connaître aux intéressés, par des publications appropriées, les sources d'information qui peuvent contribuer aux progrès de notre industrie nationale en leur indiquant les moyens de les utiliser et aussi pour aider ce Bureau à continuer la publication des manuels spéciaux destinés à faciliter la préparation des différentes parties du Répertoire bibliographique sur fiches qui sont applicables aux diverses industries.

4° Le Congrès émet encore le vœu que les documents qui pourront avoir été recueillis, au cours de ces dernières années, par des missions envoyées à l'étranger, soient versés, après la guerre, à l'office de Documentation dont il demande la création.

5° Le Congrès émet, enfin, le vœu que l'Office central de Documentation, dont il demande la création, soit constitué, autant que possible, sur les bases fixées par le projet de règlement organique, joint en annexe au présent rapport.

Suivent deux annexes : 1° indications bibliographiques sommaires sur les sources de documentation technique et industrielle; 2° projet de règlement organique.

L'organisation du crédit industriel et la mobilisation de la propriété foncière (1).

Le rapporteur s'attache à montrer la nécessité d'un organisme spécial entre le capital et le travail, organisme ayant la surface financière et les compétences techniques nécessaires à la création et à la répartition du « crédit industriel »; ce crédit se différenciera du crédit commercial en ce qu'il sera essentiellement à « long terme ». Il déplore qu'en France le crédit industriel a toujours traîné à la remorque du crédit commercial. Il désire voir notre industrie et notre exportation émancipées de la tutelle de la haute banque et dotées de la confiance qui leur est nécessaire et qu'elles méritent. Il démontre que le banquier proprement dit est « inhabile » à faire du crédit à long terme et « incompétent » à l'apprécier et à le déterminer. Il cite, par opposition, l'exemple de l'Allemagne où les banques sont les évocatrices de l'esprit d'entreprise et les banquiers les véritables marchands de crédit, les entraîneurs de l'activité nationale. Il donne aussi le procédé employé en Angleterre où le crédit industriel est soutenu par de nombreuses et puissantes

(1) Rapport de M. Léon Eyrolles.
(2) Rapport de M. le général Sébert.

(1) Rapport de M. A. de Pianelli.

Digitized by Google

associations spéciales qui réalisent le « crédit à long terme » par le moyen de l'hypothèque et de l'émission, telles la Debentures Corporation Ltd, la Law Debentures, etc. Il pose ensuite les bases d'un établissement intermédiaire entre la banque française et le travail, qu'il appelle le Comptoir du Travail, et il en définit l'objet ainsi : 1° recherche du travail ; 2° étude des affaires sans distinction de spécialité ni de technicité ; 3° entreprise générale de toutes les affaires reconnues bonnes, soit par exploitation directe en concours intéressé avec les techniciens et les praticiens locaux, soit par voie de participation, d'émissions ou de crédits gagés, selon les conditions locales reconnues les plus fertiles en résultats, les plus avantageuses en bénéfices. Enfin, le rapporteur émet le vœu suivant ;

« Considérant que le relèvement économique de la France est attaché au développement de nos forces agricoles, industrielles et commerciales ;

» Que pour le relèvement de ces forces, il est indispensable d'organiser le crédit industriel ;

» Vu le projet d'étude discuté,

» La sous-section commise à l'étude de la question bancaire par la section VIII du Congrès du Génie civil, émet le vœu :

» Que le Congrès donne à ce projet d'étude toute la publicité désirable et l'appui de toute son autorité morale, auprès des milieux officiels, parlementaires et financiers pour qu'il soit l'objet d'une étude approfondie et aboutisse à l'organisation du crédit industriel à long et à moyen terme indispensable à l'industrie française dans les formidables luttes économiques de l'après-guerre. »

La période de transition pour la formation des ingénieurs et techniciens (1).

Le rapporteur, considérant la situation d'après-guerre des jeunes gens ayant dû interrompre leurs études techniques du fait de la guerre, s'étend sur les mérites de l'enseignement par correspondance et il conclut ainsi :

« Considérant que l'enseignement par correspondance peut rendre les plus grands services pour la formation du personnel technique à tous les degrés et le complément de son instruction ; qu'il s'adresse spécialement aux jeunes gens qui, en raison de leurs occupations et de l'éloignement de tout centre d'instruction, n'ont aucun moyen d'acquérir les connaissances indispensables pour le développement de leur carrière ;

» Le Congrès émet le vœu :

» *a*) Que quelques Écoles techniques envisagent la création de cours par correspondance et les organisent méthodiquement ;

» *b*) Que les industriels veuillent bien faire connaître à leur personnel les facilités que l'enseignement par correspondance bien compris peut donner à un ouvrier, à un contremaître, à un inférieur, pour achever sa formation technique et franchir un à un les échelons de la hiérarchie industrielle ;

» *c*) Que les chefs d'industrie encouragent leur personnel dans cette voie, le dirigent s'il y a lieu et s'intéressent aux études ».

L'industrie et la publicité (1).

Le rapporteur déclare tout de suite que les industriels français font trop peu de publicité et qu'ils la font généralement mal. Il recherche pourquoi ils en font peu : persistance de préjugés aristocratiques et bourgeois et de traditions scientifiques démodées, etc., manque de confiance en l'efficacité de la publicité. — Il préconise l'emploi d'un plan d'ensemble pour valoriser la marque « France » à l'étranger, sorte de publicité collective faite sous forme d'articles, de comptes rendus, de dépêches dans tous les pays étrangers, sur la supériorité des produits manufacturés français (exemple de l'Allemagne). — Le rapporteur montre ensuite pourquoi la publicité est généralement mal faite : faite sans confiance, sans idées directrices, par des incompétences. L'industriel s'entoure de spécialistes pour la construction, les essais, etc. : pourquoi ne confierait-il pas sa publicité à un spécialiste ? Le rapporteur définit le rôle de ce dernier ; il y a là une véritable technique.

La Banque (2).

Citons les vœux adoptés par la section à ce sujet :

Vœu n° 1 : Que le privilège de la Banque de France soit renouvelé pour une période de trente ans, à partir du 31 décembre 1920, sans que des charges nouvelles soient imposées à l'établissement, et sans qu'aucune dérogation soit apportée aux règles tutélaires qui président à ses opérations.

Vœu n° 2 : Qu'aucune entrave législative ne soit mise à la libre activité des banques.

Vœu n° 3 : Que l'État reconnaisse d'utilité publique les Associations de comptables-experts présentant toutes garanties d'expérience et d'honorabilité, afin que les actionnaires prennent l'habitude de choisir parmi ces experts leurs commissaires des comptes.

Que les bilans prévus par le paragraphe n° 2 de l'article 3 de la loi du 30 janvier 1917 soient certifiés par un membre d'une Association de comptables agréée par le ministre du Commerce ou ayant une chambre de discipline.

Vœu n° 4 : Qu'il soit créé immédiatement une banque spéciale pour favoriser le développement du commerce extérieur de la France ainsi que le crédit à long terme à l'exportation ;

Que l'État accorde à cette banque une subvention pour assurer le développement progressif de ses agences à l'étranger ;

Qu'en outre, des banques s'occupant spécialement

(1) Rapport de M. le lieutenant-colonel Espitallier.

(1) Rapport de M. Raymond Clémang.

(2) Rapport de M. Raphaël-Georges Lévy.

Digitized by Google

des rapports commerciaux, industriels et financiers de la France avec les colonies et l'étranger soient créées et que les établissements déjà occupés de ce genre d'affaires soient grandis, fortifiés, de façon à multiplier les facilités données à nos exportateurs.

Vœu n° 5 : Que le Congrès institue un Comité permanent chargé d'assurer la réalisation de ces vœux, en particulier de celui relatif à la création de la banque pour le commerce extérieur.

Vœu n° 6 : Que soient créés des établissements s'occupant exclusivement de développer l'industrie et la production nationales, en particulier de banques s'occupant spécialement de la mise en valeur des exploitations minières.

Vœu n° 7 : Que l'exonération fiscale soit accordée aux valeurs possédées par des Sociétés dont les titres sont eux-mêmes soumis à des impôts de même ordre.

Vœu n° 8 : Que la convention conclue avec le Crédit Foncier pour le crédit hypothécaire maritime soit sanctionnée par le Parlement.

Vœu n° 9 : Maintien des vœux antérieurs relatifs au développement de la Banque industrielle de France.

(*A suivre.*)

Assemblées générales

Fusion des Gaz.

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES ORDINAIRE ET EXTRAORDINAIRE DU 5 AVRIL 1918.

La difficulté d'approvisionnement a obligé quelques-unes des usines de la Société à des arrêts, heureusement peu longs, dans leur fabrication, ce sont : Bonneval, Châteaurenault, Confolens, Épernon, Lectoure, Mirande, Pamiers, Plombières, Pons, Sainte-Foy et Vimoutiers.

Le cours des charbons se maintenant élevé, des relèvements de prix ont été obtenus dans quatre nouvelles communes et des pourparlers sont engagés pour modifier les prix de vente.

La vente des sous-produits a été meilleure.

Les pertes ont été moindres durant cet exercice.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Usines en exploitation 24 :	
Immeubles, canalisations, matériel d'exploitation	8 062 080,97
Compteurs et installations en location	1 047 197,19
Approvisionnements :	
Dans les usines (fontes, appareils, charbon, etc.)	383 633,02
Siège social imprimés	9 722,03
Espèces en caisse :	
Usines	34 879,45
Siège social	12 985,12
Fonds déposés en banque	150 753,61
Débiteurs divers, usines et Paris	323 123,01
Participation électricité Nord-Est Parisien	50 000 »
Valeurs en portefeuille	168 072,37
Siège social loyers d'avance	5 651,10
Dépôt d'actions d'administrateurs	225 000 »
Prime de remboursement	69 217 »
Compte de nantissement titres	270 000 »
Compte d'ordre. Ville de Pamiers	225 713,17
Balance égale au solde débiteur du compte pertes et profits :	
Exercice 1915	96 455,10
Exercice 1916	208 550,17
Exercice 1917	152 594,40
	11 545 327,71

Passif.

	fr
Capital social :	
Actions	4 000 000 »
Obligations 500 fr	1 981 500 »
A reporter	5 981 500 »
Report	5 981 500 »
Obligations dont le remboursement est différé	103 875 »
Réserve statutaire	387 461,64
Amortissement des usines et travaux exécutés	2 720 456,81
Amortissement annuel sur compteurs et installations en location	1 001 456,01
Réserve spéciale pour parer aux conséquences de la guerre	200 000 »
Réserve de prévoyance sociale	57 567,81
Réserve pour entretien	1 107,44
Coupons différés sur obligations	173 345,81
Créanciers divers	467 844,02
Actions déposées par les administrateurs	225 000 »
Compte d'ordre. Indemnité au bénéfice de la Société « Ville de Pamiers »	225 713,17
	11 545 327,71

Société électrométallurgique française (Froges).

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 16 AVRIL 1918.

Les actionnaires ont, sur la demande du Conseil d'administration, prorogé le terme d'expiration de la Société et fixé la durée de celle-ci à 99 ans à partir du 1er janvier 1918.

Le taux des actions est modifié et les actions de 500 fr sont remplacées par des actions de 250 fr. En conséquence, chaque titulaire ou porteur d'une action de 500 fr aura droit à deux actions de 250 fr chacune.

La remise des nouveaux titres aura lieu au siège de la Société à partir d'une date, dans un délai et selon les formes qui seront fixés par le Conseil d'administration et qui seront portés à la connaissance des intéressés par un avis publié dans un journal d'annonces légales de l'arrondissement du siège social.

L'assemblée générale a décidé de porter le capital de la Société à 50 000 000 fr par l'incorporation dans ce capital d'une somme de 25 000 000 fr prélevée sur le compte du passif « Primes sur émissions » ; comme conséquence, il est attribué aux actionnaires 100 000 actions nouvelles de 250 fr chacune entièrement libérées, jouissance au 1er janvier 1918.

La répartition de ces actions aura lieu dans les mêmes conditions de forme, délai et proportion que pour celle faisant l'objet de la précédente résolution.

Le capital de la Société électrométallurgique française est ainsi élevé à 50 000 000 fr et le nombre d'actions à 200 000.

Digitized by Google

Les statuts sont modifiés en tenant compte de tous les changements intervenus depuis le commencement de la Société.

L'article 8 des nouveaux statuts est ainsi conçu :

« Les actions sont nominatives jusqu'à leur entière libération, les actions libérées sont nominatives ou au porteur au choix des actionnaires. »

Compagnie française des Tramways électriques et Omnibus de Bordeaux.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 18 AVRIL 1918.

Les difficultés d'exploitation ont été de plus en plus grandes. Avant le 1er août 1914 le nombre des voitures automotrices en service était de 193 en moyenne, jusqu'en décembre 1916 il a pu être maintenu à 145. Or, par suite de l'arrangement avec l'Energie électrique du Sud-Ouest, la Compagnie devant produire à la vapeur l'énergie dont elle a besoin, les difficultés d'approvisionnement de charbon l'ont forcée à réduire le service. Au 1er janvier 1917, 95 voitures automotrices seulement circulaient sur les principales lignes, les autres furent supprimées. Peu à peu, sur la demande de l'Administration, quelques lignes en chômage furent remises en service; en août 1917, 111 voitures automotrices circulaient.

Pour parer à l'insuffisance des arrivages de charbon on a fait des essais de lignite, puis de bois. Depuis juillet c'est grâce à un large emploi du bois pour le chauffage des chaudières que l'exploitation a pu être assurée.

Les matières premières ont également subi une grande hausse. La Compagnie a dû augmenter l'indemnité de cherté de vie qui a été portée à 1 fr par jour.

En présence de toutes ces charges des pourparlers ont été engagés avec la Municipalité pour obtenir une compensation. La réponse étant un ajournement *sine die*, une requête introductive d'instance contre l'Etat et la ville de Bordeaux a été déposée au greffe du Conseil de préfecture le 6 décembre.

La Société a acquis l'immeuble d'angle du boulevard Antoine-Gauthier qui est la voie d'accès au dépôt. Le nombre des voies sera porté de deux à quatre pour faciliter la rentrée et la sortie des voitures.

La Compagnie a accepté la gérance du service de répartition du combustible dans le groupement du grand commerce et de la grande industrie.

Les recettes d'exploitation se sont élevées à 6 348 857,99 fr et les dépenses à 4 536 352,30 fr, ce qui donne un bénéfice brut de 1 812 505,69 fr, inférieur de 135 580,16 fr à celui de l'année dernière.

Après déduction des réserves et des charges le report à nouveau est de 150 658,20 fr.

Un dividende de 7,50 fr par action est attribué aux actions. Un acompte de 5 fr ayant été distribué le 15 novembre 1917, le solde de 2,50 fr sera mis en paiement le 15 mai contre présentation du coupon n° 32.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Réseau ancien. Terrains et bâtiments, matériel, etc	8 570 589,06
Traction électrique	28 763 151,25
Traction automobile	194 184,89
Caisse, banquiers et portefeuille	2 732 477 »
Débiteurs divers	195 693,43
Cautionnements de la Compagnie	218 748,33
Approvisionnements divers	1 286 119,28
A reporter	40 961 963,24
Report	40 961 963,24
Primes de remboursement des obligations	1 214 172 »
Acompte sur le dividende de l'exercice 1917	471 470 »
	42 647 605,24

Passif.

	fr
Capital	23 623 500 »
Obligations	9 486 000 »
Réserve statutaire	1 063 119,28
Amortissement du capital	1 376 500 »
Fonds d'amortissement d'actions	77,35
Amortissement par remboursement des obligations	2 378 672 »
Compte de dépréciation et provision pour accidents et renouvellements	1 600 000 »
Provision spéciale pour remise en état, après la guerre, du matériel roulant et des voies	600 000 »
Dépôts divers	28 875,01
Créanciers divers	1 503 247,63
Profits et pertes	987 613,97
	42 647 605,24

Banque nationale de Crédit.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 14 MAI 1918.

L'assemblée générale ordinaire, à laquelle étaient présentes ou représentées 198 500 actions, s'est tenue le 14 mai sous la présidence de M. G. Siegfried, président du Conseil d'administration.

Les bénéfices de 1917, en augmentation de 1 599 399 fr sur ceux de 1916, se sont élevés à 7 431 450 fr. Un dividende de 11 pour 100, soit net pour les actions 13,0625 fr, a été voté. Les parts de fondateurs recevront le maximum de 11 fr prévu par les statuts, moins les impôts. Le dividende est payable à partir du 15 mai.

Il importe de noter que les fonds de la récente augmentation de capital ne sont entrés dans les caisses de la Société que fin juillet, mais que, néanmoins, les actions nouvelles sont assimilées aux anciennes en ce qui concerne la participation au dividende de l'exercice.

Durant l'exercice 1917 la Banque a donné un concours constant aux besoins du Trésor. Son apport aux emprunts de la Défense nationale va s'élargissant chaque année : 144 millions à l'emprunt 5 pour 100 de 1915, 202 millions à l'emprunt 5 pour 100 de 1916 et enfin 271 millions à l'emprunt 4 pour 100 de 1917. Depuis le début de la guerre, les souscriptions aux bons et obligations de la Défense ont porté sur un capital nominal d'environ 3 milliards.

La Banque a également donné son appui le plus entier à l'industrie et au commerce. La situation de trésorerie est très satisfaisante. D'une année à l'autre les dépôts et comptes courants ont passé de 332 millions à 580 millions. Les disponibilités ont progressé à peu près dans les mêmes proportions. A l'heure actuelle, les réserves, provisions et report de profits et pertes atteignent 35 949 572 fr.

Au cours de l'exercice, la Banque a ouvert des succursales nouvelles à Lisieux avec bureaux à Pont-l'Evêque et Livarot (après acquisition de la maison Lair), à Tours (après acquisition de la maison veuve Blanchard et fils et Motard), et à Nantes. Le siège du boulevard des Italiens a été ouvert en novembre dernier. D'autre part, la Banque a acquis la majorité des actions du Crédit du Centre à Blois, du Crédit du Rhône et du Sud-Est à Lyon, et du Crédit du Sud-Ouest à Bordeaux.

Dans une allocution très applaudie, M. le président Siegfried a rendu un juste hommage à M. Raval, administrateur-délégué, et remercié tout le personnel de son dévouement.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 25. — 22 JUIN 1918.

Chronique. — Corps à résistivité variable sous l'action de la lumière. — Bibliographie : Les industries métallurgiques à l'avant-guerre, par Léon GUILLET. — Bibliographie : La formation des ingénieurs, par Max LECLER. — Citation à l'ordre du jour, p. 889-890.

Section scientifique et technique. — Calcul des circuits inductifs en dérivation par H. PÉCHEUX, p. 891. — Revues, analyses et informations : Les mouvements vibratoires des systèmes couplés démontrés quantitativement par des expériences simples, p. 894; La radioactivité des roches préhistoriques de l'Etat de Mysore, dans l'Inde du Sud, p. 904.

Section industrielle. — Les stations centrales de grande puissance, par L. CONGE, p. 905. — Les lignes téléphoniques aux Etats-Unis, par VALENSI, p. 909. — Revue, analyses et informations : Comparaison des principaux genres de moteurs primaires au point de vue des frais d'exploitation, p. 916; Le nouveau barrage de Bocquilla (Mexique), p. 917.

Section économique et financière. — L'aménagement du Rhône, par Henry DE WATTEVILLE, p. 919. — Congrès général du Génie civil (*suite*), p. 921.

Section de législation. — Le règlement des différends concernant les distributions d'énergie électrique. Le rôle du Comité d'électricité, par A. MONMERQUÉ, p. 927. — Législation, jurisprudence, réglementation : Décret prorogeant la validité du décret du 9 mai 1912, déclarant d'utilité publique des travaux pour l'amélioration des installations de la gare Saint-Lazare et l'électrification des lignes de la petite banlieue (rive droite), p. 928.

Erratum — P. 928.

Corps à résistivité variable sous l'action de la lumière. — On sait que le sélénium jouit de la curieuse propriété d'avoir une résistivité variable suivant l'intensité des radiations lumineuses qui le frappent. Malheureusement, ce métalloïde n'obéit pas d'une façon très régulière à l'effet de la lumière, il présente une certaine inertie très nuisible pour beaucoup d'applications.

Dans une étude systématique entreprise pour rechercher les substances dont la résistance varie sous l'effet de la lumière, M. W. Case a pu classer à côté du sélénium, un certain nombre de corps qu'il est utile de connaître, en particulier le sulfure de bismuth ou bismuthine et le sulfure double d'antimoine et de plomb.

Le procédé employé par M. Case était basé sur le fait suivant : utilisant une observation de Brown d'après laquelle le sélénium en gros cristaux donne des résultats supérieurs à ceux que fournit le sélénium sous forme divisée, M. Case a expérimenté, chaque fois qu'il le pouvait, des minéraux à l'état cristallisé. Dans ce but, les rayons d'une lampe à arc dont la lumière était interrompue par un disque percé de secteurs étaient concentrés sur la substance à étudier. Cette dernière était mise en circuit avec un audion de Forest, une résistance de protection et une source de 110 v à courant continu. L'audion étant relié à un récepteur téléphonique de grande résistance, donnait naissance à un son lorsque le faisceau lumineux interrompu provoquait dans la substance une action photo-électrique. En soumettant à cet essai un grand nombre de corps, M. Case a observé des phénomènes photo-électriques sur la bismuthine ($Bi^2 S^3$), l'argentite ($Ag^2 S$), la galène (Pb S), l'acanthite ($Ag^2 S$), la péarcéite ($Ag^9 As S^6$), la miargyrite (Ag Sb S^2), la jamesonite ($Pb^2 Sb^2 S^5$), la bournonite ($3(Cu^2 Pb)S$, Sb^2S^3), la boulangérite ($Pb^3 Sb^2 S^6$), etc.

Les substances qui ont retenu son attention, par suite des effets plus marqués dont elles étaient le siège, sont le sulfure de bismuth et le sulfure double d'antimoine et de plomb. C'est ainsi que la résistance d'un échantillon de ce dernier corps ayant 1 mm sur 10 mm varie de près de 5 000 pour 100 en passant de la pleine lumière du soleil à l'obscurité. Le grand avantage que présentent les cristaux de sulfure double d'antimoine et de plomb est qu'il n'y a ni retard ni fatigue contrairement à ce qui se passe avec le sélénium. Ce fait, joint à cet autre qui a permis de constater que de faibles variations d'intensité lumineuse suffisent à produire des variations appréciables de résistance, désigne ce corps pour la constitution d'actinomètres sensibles ; peut-être même la photométrie pourra, elle aussi, en tirer parti après une étude approfondie de la substance en question. Le remplacement des mesures « à l'œil » des photomètres souvent imprécises par des mesures purement électriques serait certainement apprécié, si toutefois les substances indiquées par M. Case se prêtent à cette application. — A. S.

Digitized by Google

Bibliographie : Les industries métallurgiques à l'avant-guerre. *Leur avenir. Combustibles. Fer et autres métaux. Economie. Organisation. Enseignement ;* par Léon Guillet, professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers et à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures (1). — Dans la préface, l'auteur souligne que son ouvrage n'a pas la prétention de constituer un traité complet des métallurgies, mais qu'il est cependant plus qu'un ouvrage de vulgarisation. En fait, le développement des matières est suffisant pour permettre d'y trouver tous les renseignements concernant l'ensemble de métallurgie ; c'est une compilation largement documentée tant au point de vue scientifique, c'est-à-dire de l'exposé des réactions, qu'au point de vue technique, description des appareils, tours de mains, etc. Chaque métal comporte une monographie distincte, dont le plan est répété pour tous les métaux étudiés : principes de la métallurgie du métal, ses progrès modernes, sa situation économique. Les progrès modernes portent principalement sur l'emploi du four électrique et de l'électrolyse ; le tableau de la situation économique consiste en un parallèle entre la production nationale et la production étrangère.

La première partie du livre de M. Guillet est consacrée aux principes généraux des métallurgies modernes, aux combustibles naturels et artificiels ; la deuxième, au fer qui, naturellement, occupe la place la plus importante ; la troisième partie s'adresse aux métaux autres que le fer. Dans la quatrième partie qui a pour titre : Etude des principaux facteurs qui ont influencé le développement de la métallurgie, l'auteur met en relief les conséquences des recherches scientifiques, de l'organisation des usines, de l'organisation commerciale et des tarifs douaniers ; c'est dans cette partie que l'on trouvera également tout ce qui a trait aux essais des produits métallurgiques, aux alliages et aux aciers spéciaux.

M. Léon Guillet, dans un but patriotique des plus louables, a pensé que son livre n'aurait pas encore rempli son rôle s'il ne coopérait tant soit peu à la victoire dans la grande bataille qui suivra assurément le traité de paix ; la meilleure contribution à apporter dans ce sens était un programme des améliorations à introduire dans notre enseignement technique supérieur. L'auteur consacre à cette importante question plus de 50 pages ; il compare notre enseignement à celui des autres pays, indique les résultats qu'il a donnés et ceux aussi qu'on pourrait en attendre avec quelques légères modifications seulement dans ses programmes. Bref, il y a dans ces pages bien senties tous les éléments d'une excellente réforme ; nous en conseillons la lecture à tous ceux, et ils sont nombreux, qui s'intéressent à la question, parce qu'ils y trouveront des précisions que l'on chercherait en vain dans la multitude d'articles et d'interviews qui ont été publiés récemment sur ce sujet. Nous faisons toutefois des réserves formelles quant à l'opinion émise par l'auteur sur le programme de mathématiques spéciales et le rattachement de cette classe aux facultés. Il y a là certaines critiques qui ne nous paraissent pas justifiées à l'égard d'un enseignement qui a fait ses preuves.

Pour notre part, nous nous sommes confirmé dans cette impression que, du côté secondaire aussi bien que du côté supérieur, notre enseignement ne le cède à aucun autre ; nous lui trouvons même l'avantage d'inculquer une culture très générale sur laquelle il n'est pas difficile de greffer une spécialisation quand elle est nécessaire. Si des retouches sont reconnues indispensables, elles devront s'inspirer de ces réflexions de M. A. Blondel qui nous semblent bien mettre au point le problème de la rénovation des programmes : « Pour orienter convenablement l'enseignement technique, il convient de définir très exactement les différentes catégories de techniciens, de proportionner chacune aux besoins déclarés des employeurs et *de ne pas favoriser à l'excès la spécialisation*, mais de la mettre à la portée de tous les ingénieurs ayant déjà une formation générale. Il ne faut pas oublier que l'industrie a besoin de plusieurs espèces d'hommes techniques, donc de plusieurs catégories différentes d'établissement d'enseignement et de professeurs. »

Nous devons féliciter chaleureusement M. Léon Guillet qui, malgré de lourdes charges et d'importantes missions, n'a pas reculé devant le travail écrasant qu'exigeait la publication d'un ouvrage aussi étendu et aussi varié ; grâce à sa haute compétence acquise par un long professorat industriel, l'auteur a su triompher de toutes les difficultés et il offre à nos industriels, à nos ingénieurs, à tous enfin, un ensemble dans lequel, en plus des détails techniques, ils trouveront des idées générales sur les moyens propices à donner une nouvelle impulsion à la métallurgie française.

(1) Un volume, de 16 cm × 25 cm, de VII-768 pages avec 275 figures et 44 planches hors texte. Editeurs, H. Dunod et E. Pinat, 47 et 49, quai des Grands-Augustins, Paris (6e). Prix broché, comprenant la majoration temporaire de 20 pour 100, 54 fr.

Bibliographie : La formation des ingénieurs, par Max Leclerc (1). — La guerre a montré le rôle important que joue l'ingénieur dans la prospérité d'un pays. Ce rôle sera encore accru pour la lutte économique d'après-guerre. Il importe donc d'étudier dès maintenant si nous possédons le corps d'ingénieurs qui devra servir de grand et petit-major à notre industrie.

L'auteur étudie la formation de l'ingénieur à l'étranger et en particulier en Angleterre, aux Etats-Unis et en Allemagne. Il expose ensuite l'œuvre accomplie par nos universités françaises qui ont créé des instituts techniques se rapportant à plusieurs branches de l'industrie, et il émet le vœu que cette œuvre soit considérablement amplifiée. L'auteur examine également la question de nos grandes Ecoles et des réformes qu'il y aurait lieu de leur faire subir. Il rappelle et commente, en cette circonstance, l'enquête qui a été faite par la Société des Ingénieurs civils relativement à l'enseignement technique supérieur. M. Max Leclerc termine son intéressante étude en donnant les vœux émis par le Comité de l'Enseignement technique supérieur de la Société des Ingénieurs civils.

(1) Un volume 12 cm × 18,5 cm, 142 p. Edité par la librairie Armand Colin, 103, boulevard Saint-Michel, Paris. Prix 2 fr, plus majoration temporaire de 20 pour 100.

Citation à l'ordre du jour. — Le « Bulletin des Usines de guerre » du 17 juin publie la citation suivante :

« Le ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre porte à la connaissance des usines de guerre la belle conduite du personnel dirigeant et ouvrier de la Compagnie d'Electricité d'Amiens :

« Sous l'énergique direction de M. Pasquier, directeur, et de M. Husson, ingénieur, a, avec le plus grand sang-froid, sous un bombardement violent, tant par obus que par torpilles et bombes d'avions, continué à assurer le service de la production et de la distribution d'énergie électrique pour les besoins militaires, publics et privés de la région d'Amiens. (Un tué et un blessé dans le personnel) ».

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Calcul des circuits inductifs en dérivation

Dans cette étude, l'auteur montre comment, en s'aidant de vecteurs et de leurs projections, on peut résoudre plusieurs problèmes de l'électrotechnique en utilisant uniquement des mathématiques élémentaires et éviter ainsi l'emploi des imaginaires dont la théorie est un peu délicate.

Le calcul de l'impédance équivalente à deux circuits inductifs en dérivation, entre deux points où l'on dispose d'une différence de potentiels donnée, présente certaines difficultés, à cause de la non-concordance de phase entre les courants ainsi dérivés, et entre chacun d'eux et le courant résultant.

La solution de cette question est obtenue, dans les traités d'électricité, par l'emploi des *imaginaires*, dont la théorie est un peu délicate, et qui, en somme, ne traduisent pas les *faits réels*.

Nous allons montrer comment, à l'aide de la *méthode vectorielle*, aidée de celle des *projections*, il est possible d'obtenir, par des *calculs élémentaires*, l'*impédance* d'un tel circuit, ainsi que sa *résistance* ohmique et sa *réactance*.

1° **Circuits de self-induction.** — Soient, en dérivation entre deux points A et B, où l'on a une différence de potentiels (sinusoïdale) efficace E'_e, deux circuits inductifs (résistances ohmiques R, R'; coefficients de self-induction : L, L'); (fig. 1).

L'intensité efficace en R, vaudra : $I_e = \frac{E'_e}{R_i}$, R_i étant la résistance apparente du circuit R; ce courant I_e est en

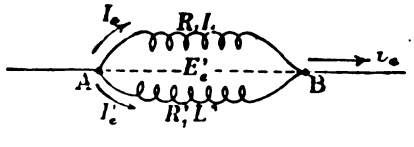


Fig. 1.

retard de phase, sur E'_e, d'un angle φ donné par $\operatorname{tg}\varphi = \frac{\omega L}{R}$, ω étant la pulsation due à E'_e ($\omega = 2\pi f$).

En R', l'intensité est $I'_e = \frac{E'_e}{R'_i}$, R'_i étant la résistance apparente de ce circuit et le retard de phase de I'_e sur E'_e étant caractérisé par l'angle φ', tel que l'on ait

$$\operatorname{tg}\varphi' = \frac{\omega L'}{R'}.$$

Soit Ax la direction de la différence de potentiels E'_e (fig. 2); portons I_e au-dessous de Ax, de façon à faire l'angle φ avec Ax, et I'_e, de façon à faire l'angle φ' ($\varphi' > \varphi$), par exemple; la résultante i_e des deux courants fera l'angle λ avec la phase de E'_e.

La figure 2 fournit la *représentation vectorielle* des intensités.

Projetons le parallélogramme des courants sur Ax,

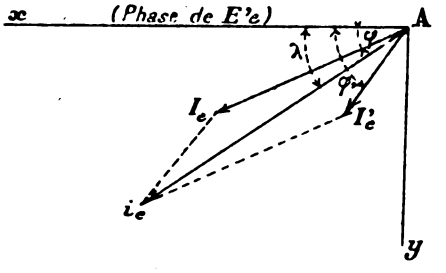


Fig. 2.

puis sur la direction Ay perpendiculaire à Ax; nous aurons les équations suivantes :

$$(\alpha) \quad i_e \cos\lambda = I_e \cos\varphi + I'_e \cos\varphi';$$
$$(\beta) \quad i_e \sin\lambda = I_e \sin\varphi + I'_e \sin\varphi';$$

En remplaçant i_e, I_e, I'_e, par leurs valeurs $\frac{E'_e}{r'_i}$, $\frac{E'_e}{R_i}$, $\frac{E'_e}{R'_i}$ (r'_i = la résistance apparente équivalente à R_i, R'_i, et que nous voulons obtenir), et en divisant en même temps par E'_e, il viendra

$$(\alpha') \quad \frac{\cos\lambda}{r'_i} = \frac{\cos\varphi}{R_i} + \frac{\cos\varphi'}{R'_i};$$
$$(\beta') \quad \frac{\sin\lambda}{r'_i} = \frac{\sin\varphi}{R_i} + \frac{\sin\varphi'}{R'_i};$$

élevant au carré, additionnant membre à membre, et simplifiant, nous aurons

$$(\alpha',\beta') \quad \frac{1}{r'^2_i} = \frac{1}{R_i^2} + \frac{1}{R'^2_i} + \frac{2}{R_i R'_i}(\cos\varphi\cos\varphi' + \sin\varphi\sin\varphi').$$

Digitized by Google

On a, dans le circuit R

$$\cos\varphi = \frac{R}{R_i}; \quad \sin\varphi = \frac{\omega L}{R_i};$$

et, dans le circuit R'

$$\cos\varphi' = \frac{R'}{R'_i}; \quad \sin\varphi' = \frac{\omega L'}{R'_i};$$

d'où, en remplaçant et effectuant, dans l'équation (α', β')

$$\frac{1}{r'^2_i} = \frac{1}{R_i^2} + \frac{1}{R'^2_i} + \frac{2}{R_i^2 R'^2_i}(RR' + \omega^2 LL') = \frac{R_i^2 + R'^2_i + 2(RR' + \omega^2 LL')}{R_i^2 R'^2_i}.$$

On en tire

$$(\gamma) \qquad r'_i = \frac{R_i R'_i}{\sqrt{R_i^2 + R'^2_i + 2(RR' + \omega^2 LL')}}.$$

On peut donner, à ce résultat, une *autre forme*, en remplaçant R_i^2 et R'^2_i, par leurs valeurs respectives

$$R^2 + \omega^2 L^2; \quad R'^2 + \omega^2 L'^2;$$

d'où, en remarquant que

$$(R + R')^2 + \omega^2 (L + L')^2$$

n'est pas autre chose que le carré de l'impédance r_i des deux circuits s'ils étaient placés *en série*,

$$(\gamma') \qquad r'_i = \frac{R_i R'_i}{r_i}.$$

L'angle λ est donné par

$$(\delta) \quad \operatorname{tg}\lambda = \frac{\sin\lambda}{\cos\lambda} = \frac{\dfrac{\sin\varphi}{R_i} + \dfrac{\sin\varphi'}{R'_i}}{\dfrac{\cos\varphi}{R_i} + \dfrac{\cos\varphi'}{R'_i}} = \frac{R'_i \sin\varphi + R_i \sin\varphi'}{R'_i \cos\varphi + R_i \cos\varphi'};$$

Si nous portons $AB = E'_e$, sur la direction de la

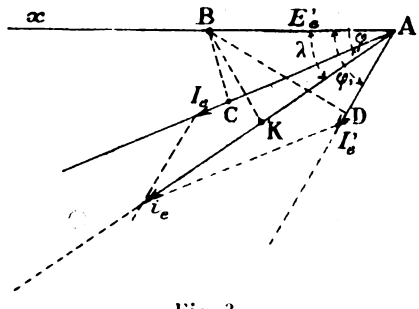


Fig. 3.

phase de E'_e (fig. 3) et si nous projetons le point B sur les directions des courants i_e, I_e, I'_e, respectivement en K, C, D, nous aurons

$$AC = E'_e \cos\varphi = E'_e \frac{R}{R_i} = I_e R;$$

et

$$BC = E'_e \sin\varphi = \frac{E'_e \omega L}{R_i} = \omega L I_e;$$

de même et par analogie

$$AD = I'_e R'; \quad BD = \omega L' I'_e;$$

et, enfin, si nous désignons par r la résistance ohmique, et l le coefficient de self-induction de la résistance inductive équivalente à R et R'

$$AK = E'_e \cos\lambda = i_e r'_i \times \frac{r}{r'_i} = i_e r;$$

et

$$BK = E'_e \sin\lambda = i_e r'_i \times \frac{\omega l}{r'_i} = \omega l i_e.$$

Nous obtenons ainsi une *solution graphique* de la différence de potentiel $i_e r$ en phase avec le courant i_e, et de la différence de potentiel de self-induction $\omega l i_e$, dans le circuit équivalent.

Le triangle A B K donnerait, en divisant ses trois côtés par i_e (laquelle vaut $\frac{E'_e}{r'_i}$, quantité maintenant connue), un triangle homothétique de A B K, ayant pour côtés, hypoténuse r'_i, et autres côtés r et ωl.

Mais le *calcul* peut nous fournir r et ωl.

La relation $\operatorname{tg}\lambda = \frac{\omega l}{r}$, nous donne (équation δ précédente)

$$\frac{\omega l}{r} = \frac{R'_i \sin\varphi + R_i \sin\varphi'}{R'_i \cos\varphi + R_i \cos\varphi'};$$

et, en élevant au carré

$$\frac{\omega^2 l^2}{r^2} = \frac{R'^2_i \sin^2\varphi + R_i^2 \sin^2\varphi' + 2R_i R'_i \sin\varphi \sin\varphi'}{R'^2_i \cos^2\varphi + R_i^2 \cos^2\varphi' + 2R_i R'_i \cos\varphi \cos\varphi'};$$

en remarquant que l'on a $r^2 + \omega^2 l^2 = r'^2_i$, nous écrirons

$$\frac{\omega^2 l^2 + r^2}{r^2} = \frac{r'^2_i}{r^2} = \frac{R_i^2 + R'^2_i + 2R_i R'_i(\cos\varphi\cos\varphi' + \sin\varphi\sin\varphi')}{R'^2_i \cos^2\varphi + R_i^2 \cos^2\varphi' + 2R_i R'_i \cos\varphi\cos\varphi'} = \frac{R_i^2 R'^2_i}{r_i^2 r^2}.$$

Le numérateur du rapport intermédiaire (d'après l'établissement de la formule γ et en remarquant que l'on a

$$2R_i R'_i(\cos\varphi\cos\varphi' + \sin\varphi\sin\varphi') = 2R_i R'_i \frac{(RR' + \omega^2 LL')}{R_i R'_i} = 2(RR' + \omega^2 LL'),$$

devient

$$R_i^2 + R'^2_i + 2(RR' + \omega^2 LL') = r_i^2;$$

Digitized by Google

d'où (le dénominateur de ce rapport étant lui-même un carré parfait)

$$\frac{r_i^2}{(R'_i\cos\varphi + R_i\cos\varphi')^2} = \frac{R_i^2 R'^2_i}{r_i^2 r^2};$$

et enfin (en extrayant la racine carrée des deux membres et effectuant)

$$r = \frac{R_i R'_i\,(R'_i\cos\varphi + R_i\cos\varphi')}{r_i^2};$$

en remplaçant $\cos\varphi$ et $\cos\varphi'$ par leurs valeurs données antérieurement, il viendra tous calculs faits

$$(\theta) \qquad r = \frac{R R'^2_i + R' R_i^2}{r_i^2}.$$

D'autre part, il vient identiquement

$$\omega^2 l^2 = (\omega^2 l^2 + r^2) - r^2 = r'^2_i - r^2 = \\ = \frac{R_i^2 R'^2_i r_i^2 - (R^2 R'^4_i + R'^2 R_i^4 + 2 R R' R_i^2 R'^2_i)}{r_i^4}.$$

Mais l'on a

$$R_i^2 R_i'^2 r_i^2 = R_i^2 R'^2_i\,[R_i^2 + R'^2_i + 2(RR' + \omega^2 LL')];$$

en remplaçant R_i^2 et R'^2_i par leurs valeurs, il viendra, tous calculs faits

$$\omega^2 l^2 = \left(\frac{\omega L R'^2_i + \omega L' R_i^2}{r_i^2}\right)^2;$$

d'où

$$(\tau) \qquad \omega l = \omega\left(\frac{L R'^2_i + L' R_i^2}{r_i^2}\right);$$

remarquons que l'expression de (τ) se déduit aisément de celle de (θ), en remplaçant R par ωL et R' par $\omega L'$.

Cas particulier. — Si l'on a $\varphi = \varphi'$, il vient (équation δ)

$$\operatorname{tg}\lambda = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = \operatorname{tg}\varphi; \quad \text{d'où} \quad \lambda = \varphi;$$

i_e est *en phase* avec I_e et I'_e; on a aussi (impédance des deux circuits en *série*) $r_i = R_i + R'_i$; d'où

$$r'_i = \frac{R_i R'_i}{R_i + R'_i};$$

résultat analogue à celui que donne la loi de Kirchhoff pour les *courants continus*.

De $\varphi = \varphi'$, il résulte $\frac{L}{R} = \frac{L'}{R'}$ (constantes de temps égales); dans ces conditions, on vérifie aisément les résultats suivants :

$$r = r'_i\cos\varphi; \quad \text{et} \quad \omega l = r'_i\sin\varphi.$$

Nota. — On traiterait, de même, le cas de trois ou plusieurs circuits inductifs en dérivation.

2° **Circuit ayant de la capacité et de la self-induction.** — Si l'on emploie, en deuxième lieu, entre

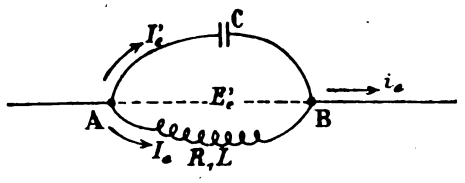


Fig. 4.

A et B (fig. 4), une résistance inductive (R, L) et un condensateur C, l'on sait que le courant I'_e dans le condensateur est en *avance* de phase sur E'_e, d'un angle $\frac{\pi}{2}$; si φ est l'angle du retard de phase de I_e (en R) sur la différence de potentiels E'_e, la figure 5 donnera la repré-

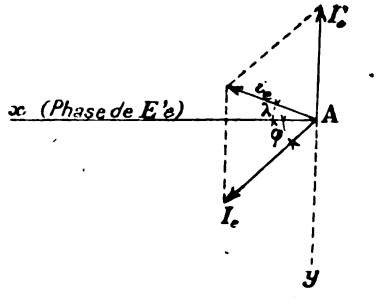


Fig. 5.

sentation vectorielle des intensités. En projetant sur Ax (phase de E''_e), puis sur Ay (phase de I'_e), perpendiculaire à Ax, il viendra (λ étant l'angle de l'intensité résultante avec la direction de E''_e)

$$(\alpha) \qquad \begin{cases} i_e\cos\lambda = I_e\cos\varphi; \\ i_e\sin\lambda = I'_e - I_e\sin\varphi; \end{cases}$$

nous avons toujours

$$i_e = \frac{E''_e}{r'_i}; \quad I_e = \frac{E''_e}{R_i}; \quad I'_e = \frac{E''_e}{R'_i};$$

(r'_i, R_i, R'_i, étant les résistances apparentes respectives des circuits : équivalent, de self-induction et de capacité).

En portant dans les équations (α), et en simplifiant, il vient

$$(\alpha') \qquad \begin{cases} \dfrac{\cos\lambda}{r'_i} = \dfrac{\cos\varphi}{R_i} \\ \dfrac{\sin\lambda}{r'_i} = \dfrac{1}{R'_i} - \dfrac{\sin\varphi}{R_i}; \end{cases}$$

élevant au carré et additionnant membre à membre, il vient

$$\frac{1}{r'^2_i} = \frac{1}{R'^2_i} + \frac{1}{R_i^2} - \frac{2\sin\varphi}{R_i R'_i};$$

Digitized by Google

or, nous avons séparément

$$R_i^2 = R^2 + \omega^2 L^2;$$

$R'_i = \frac{1}{\omega C}$, (réactance de capacité; sin $\varphi = \frac{\omega L}{R_i}$; en remplaçant dans l'équation précédente, il vient

$$\frac{1}{r'^2_i} = \omega^2 C^2 + \frac{1}{R^2+\omega^2 L^2} - \frac{2\omega L}{R_i^2 R'_i} = \omega^2 C^2 + \frac{1-2\omega^2 LC}{R^2+\omega^2 L^2};$$

d'où, finalement

$$(\rho) \quad r'_i = \frac{\sqrt{R^2+\omega^2 L^2}}{\sqrt{(R^2+\omega^2 L^2)\omega^2 C^2+1-2\omega^2 LC}} = \frac{R_i}{\sqrt{(R_i\omega C)^2+1-2\omega^2 LC}}.$$

3° **Circuits avec plusieurs capacités en dérivation.** — Si, au lieu de disposer entre A et B (fig. 4), un condensateur et une résistance inductive, nous installons deux condensateurs, de capacités respectives C et C', les courants I_e en C, et I'_e en C' étant tous deux en avance de phase de $\frac{\pi}{2}$ sur E'_e, seront *en phase*; et le courant résultant vaudra

$$i_e = I_e + I'_e;$$

d'où (avec les mêmes notations que précédemment)

$$\frac{1}{r'_i} = \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R'_i} = \omega C + \omega C' = \omega (C + C');$$

et

$$(\psi) \qquad r'_i = \frac{1}{\omega (C + C')}.$$

On traiterait, aussi aisément, le cas de trois ou plusieurs capacités en dérivation.

Application. — La méthode que nous venons d'exposer fournit la solution du problème du Pont de Wheatstone, dans le cas où les résistances employées sont *inductives* (bobines de self-induction, par exemple).

En nous reportant à la figure 1, on disposerait, entre A et B (où l'on a une différence de potentiels efficace : E'_e) : 1° deux résistances inductives en *série* : (R, L) de A en C, et (r, l) de C en B; (le lecteur fera aisément la figure); 2° deux résistances inductives, en série également : $(R'\ L')$ de A en D, et (r', l') de D en B; un galvanomètre relie les deux points intermédiaires C et D. En s'imposant la condition qu'aucun courant ne circule dans le galvanomètre, (la différence de potentiels étant ainsi *nulle* entre C et D), on trouve, pour l'équilibre du pont en courants alternatifs

$$\frac{R_l}{R'_l} = \frac{r_i}{r'_i};$$

et, pour l'équilibre, à la fois, en courant continu, et en courants alternatifs

$$\frac{R}{R'} = \frac{r}{r'} = \frac{L}{L'} = \frac{l}{l'};$$

condition *indépendante* de la pulsation, ω et, par suite, de la fréquence des courants.

Remarque. — On voit l'intérêt que présente cette méthode des *projections*, aidée d'un calcul toujours *élémentaire*, pour la détermination facile des circuits inductifs équivalents à plusieurs circuits disposés en dérivation, et dont l'emploi est si courant en électricité industrielle (circuits de lampes, avec bobines de réglage de self-induction; lignes de distribution avec résistances de self-induction, ou présentant de la capacité).

H. Pécheux,
Docteur ès sciences,
Sous-Directeur de l'Ecole nationale d'Arts et Métiers de Lille.

Revues, analyses et informations

Les mouvements vibratoires des systèmes couplés démontrés quantitativement par des expériences simples (1).

I. — Introduction. — On a déjà imaginé un assez grand nombre de modèles mécaniques destinés à matérialiser les phénomènes de couplage qui se produisent entre deux circuits oscillants. Tout récemment, M. J.-B. Pomey, dans la forme lapidaire dont il a le secret, a donné une solution complète de la question, c'est-à-dire, a montré qu'il était possible de concevoir un système mécanique dont les équations du mouvement fussent identiques à celles que l'on écrit pour deux circuits électriques couplés. Nous renvoyons le lecteur à son article « Analogies mécaniques des phénomènes de couplage entre deux circuits oscillants de télégraphie sans fil », qui a paru dans la « R. G. E. » du 28 janvier 1917, t. 1, p. 83. Nous ne pouvons pas trouver de meilleure introduction à la présente étude.

Malgré les critiques justifiées que l'on a émises sur l'emploi de deux pendules, ce dispositif est si simple théoriquement et si facile à adapter à l'enregistrement direct, qu'il jouira longtemps encore de la faveur des professeurs et conférenciers. Un perfectionnement appréciable, d'ailleurs, vient d'y être introduit par deux physiciens anglais, M. E.-H. Barton et miss H.-Mary Browning, en ce sens qu'ils ont réussi à inscrire séparément les oscillations des deux pendules et cela sans frottement, en munissant leurs lentilles de deux entonnoirs qui déversent du sable en

(1) Edwin H. Barton et miss H.-M. Browning. *Philosophical Magazine*, octobre 1917, 6e série, t. xxxiv, p. 246-266, 3 fig. et 3 planches.

Digitized by Google

poudre sur un plateau mobile. Les photographies de ces inscriptions sont assez bien venues pour permettre une comparaison entre les résultats de l'observation et ceux prévus par la théorie. Nous nous proposons donc de donner une analyse détaillée du travail théorique et expérimental des auteurs, qui peut être considéré comme le type des études de ce genre.

II. — Équations de deux circuits électriques couplés. — On suppose que les deux circuits dont on recherche une représentation mécanique n'ont pas de résistance, mais possèdent respectivement des self-inductions L et L' et des capacités C et C' ; soient, d'autre part, M leur coefficient d'induction mutuelle, Q et Q' les charges des condensateurs au temps t. Les équations du mouvement de l'électricité peuvent alors s'écrire

$$L\frac{d^2Q}{dt^2}+\frac{Q}{C}=M.\frac{d^2Q'}{dt^2}, \qquad (1)$$

$$L'\frac{d^2Q'}{dt^2}+\frac{Q'}{C'}=M.\frac{d^2Q}{dt^2}. \qquad (2)$$

Le coefficient de couplage k est donné par la relation

$$k^2=\frac{M^2}{LL'}. \qquad (3)$$

Si les circuits sont, séparément, le siège de vibrations libres proportionnelles à $\sin\omega t$ et $\sin\omega' t$, on a

$$\omega^2=\frac{1}{LC} \quad \text{et} \quad \omega'^2=\frac{1}{L'C'}. \qquad (4) \text{ et } (5)$$

Posons dans (1)

$$Q=e^{xt}; \qquad (6)$$

il vient

$$Q'=\left(\frac{L}{M}+\frac{1}{MCx^2}\right)e^{xt}. \qquad (7)$$

Puis, substituant (6) et (7) dans (2), nous obtenons l'équation caractéristique en x

$$x^4(1-k^2)+x^2(\omega^2+\omega'^2)+\omega^2\omega'^2=0 \qquad (8)$$

qui peut encore se ramener à la forme plus simple

$$x^4+x^2(p^2+q^2)+p^2q^2=0, \qquad (9)$$

si l'on pose

$$p^2+q^2=\frac{\omega^2+\omega'^2}{1-k^2}, \qquad (10)$$

$$p^2q^2=\frac{\omega^2\omega'^2}{1-k^2}; \qquad (11)$$

les racines de cette équation (9) sont

$$x=\pm pi \quad \text{et} \quad x=\pm qi, \quad i=\sqrt{-1}. \qquad (12)$$

Les solutions générales des équations (1) et (2) s'écrivent alors sous la forme

$$Q=A\sin(pt+\varepsilon)+B\sin(qt+\varphi), \qquad (13)$$

$$Q'=\frac{A}{MC}\left(\frac{1}{\omega^2}-\frac{1}{p^2}\right)\sin(pt+\varepsilon)-\frac{B}{MC}\left(\frac{1}{\omega'^2}-\frac{1}{q^2}\right)\sin(qt+\varphi), \qquad (14)$$

dans lesquelles A, B, ε et φ sont des constantes à déterminer d'après les conditions initiales ; p et q sont fonction de ω et ω' pour les deux systèmes séparés et de leur coefficient de couplage k.

Etudions ces fonctions. En divisant (10) par (11), il vient

$$\frac{1}{p^2}+\frac{1}{q^2}=\frac{1}{\omega^2}+\frac{1}{\omega'^2}.$$

Introduisons dans cette expression les périodes T et T' des systèmes séparés et, d'autre part, les périodes Θ et Θ' des systèmes couplés ; on a

$$\Theta^2+\Theta'^2=T^2+T'^2 \qquad (15)$$

et l'équation (11), avec la même notation, s'écrit

$$\Theta^2\Theta'^2=(1-k^2)\,T^2T'^2. \qquad (16)$$

Éliminons Θ entre (15) et (16), ce qui donne l'équation bicarrée

$$\Theta'^4-(T^2+T'^2)\,\Theta'^2+(1-k^2)\,T^2T'^2=0.$$

et

$$2\Theta'^2=T^2+T'^2\pm\left[(T^2-T'^2)^2+4k^2T^2T'^2\right]^{\frac{1}{2}}.$$

Nous désignerons par Θ^2 et Θ'^2 les deux racines.

On voit donc que les périodes Θ et Θ' des systèmes couplés, non seulement sont différentes entre elles, mais différentes aussi des périodes T et T' des systèmes individuels et que, de plus, la différence $\Theta-\Theta'$ est plus grande que $T-T'$. Même dans l'hypothèse $T=T'$, les périodes Θ et Θ' ne sont pas égales entre elles, ni égales à T, tant que le coefficient de couplage k a une valeur finie.

Cas particuliers. — Pour $T=T'$, on a

$$\Theta'=T\sqrt{1+k} \quad \text{et} \quad \Theta=T\sqrt{1-k}. \qquad (19)$$

Pour $T=T'$ et k très petit

$$\Theta=\Theta'=T. \qquad (20)$$

Pour $k=1$ et $T\neq T'$, on a

$$\Theta'^2=T^2+T'^2 \quad \text{et} \quad \Theta=0. \qquad (21)$$

Charge initiale. — Comme conditions initiales, nous supposerons que l'un des condensateurs est chargé, mais que l'autre ne l'est pas ; nous supposerons aussi que les deux courants, au temps $t=0$, sont nuls, ce qui est le cas ordinaire.

On peut donc écrire

$$Q=0,\ Q'=b,\ \frac{dQ}{dt}=0,\ \frac{dQ'}{dt}=0, \quad \text{pour } t=0. \qquad (21a)$$

En introduisant ces conditions dans (13) et (14) et dans leur dérivée par rapport au temps, on obtient finalement les solutions suivantes :

$$Q=MC\frac{p^2q^2}{p^2-q^2}\,b\cos pt-MC\frac{p^2q^2}{p^2-q^2}\,b\cos qt, \qquad (21b)$$

$$Q'=\frac{(p^2-\omega^2)\,q^2}{(p^2-q^2)\,\omega^2}\,b\cos pt+\frac{(\omega^2-q^2)\,p^2}{(p^2-q^2)\,\omega^2}\,b\cos qt. \qquad (21c)$$

Digitized by Google

III. — Description et théorie des pendules a double fil. — La première représentation mécanique imaginée par les auteurs pour reproduire les phénomènes des circuits électriques couplés comprend deux pendules à double fil (fig. 1 et 2) ; les lentilles B sont suspendues à des ficelles

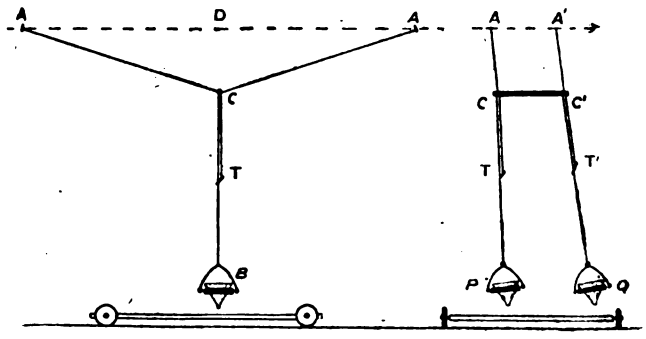


Fig 1 et 2. — Disposition des pendules à double fil.

C B et C′ B′ de longueurs réglables par les pinces T ; celles-ci sont attachées en C et C′ aux brins de corde A C A, et A′ C′ A′ dont les points A et A′ sont aussi amovibles ; ce qui permet de donner aux flèches C D et C′ D′ telles valeurs que l'on désire. Les oscillations s'effectuent perpendiculairement à A C A et A′ C′ A′. Pour forcer les brins A C A et A′ C′ A′ à osciller ensemble, on réunit les points d'attache C et C′ par un tube de fibre rigide. Les lentilles B et B′ sont constituées par des anneaux de fer sur lesquels reposent des entonnoirs pleins de sable, de sorte que chaque pendule peut tracer ses vibrations sur un plan qui se déplace perpendiculairement aux oscillations. La figure 3 montre ce système en ordre de marche.

Nous insistons encore sur le fait que les auteurs ne

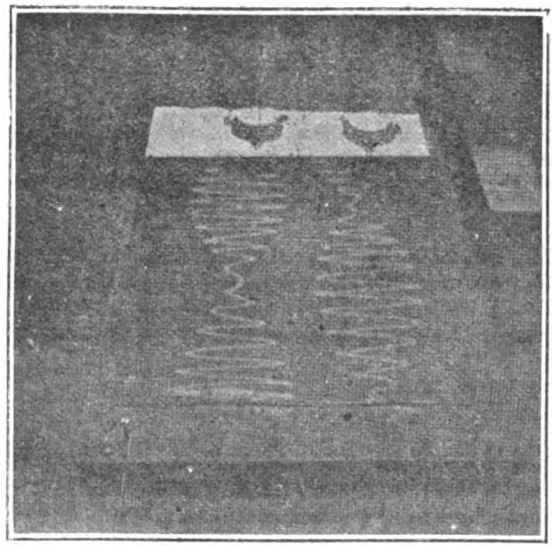


Fig. 3. — Photographie des pendules à double fil montrant le tracé des vibrations.

revendiquent pas, pour leur système, une analogie complète avec les circuits électriques, mais en gros on obtient une représentation très instructive. La théorie des deux pendules va d'ailleurs nous indiquer les points sur lesquels portent les différences.

Désignons par l la longueur du pendule simple synchrone des deux pendules C D et C′ D′ et par βl, les flèches C D. Au temps t, les plans A C A, A′ C′ A′ et les pendules font, avec la verticale, les angles ω, θ et ψ. Si P et Q sont les masses des lentilles, et y et z leurs élongations, les équations de leurs mouvements, pour des oscillations de faible amplitude, sont

$$P\frac{d^2y}{dt^2} + Pg\theta = 0, \qquad (25)$$

$$Q\frac{d^2z}{dt^2} + Qg\psi = 0. \qquad (26)$$

On a d'ailleurs

$$\theta = \frac{y - \beta l\omega}{l} \quad \text{et} \quad \psi = \frac{z - \beta l\omega}{l}.$$

En négligeant les masses des brins A C A et A′ C′ A′ et de la traverse CC′, on trouve que ω satisfait à l'équation

$$Pg(\theta - \omega) = Qg(\psi - \omega),$$

de sorte que

$$\omega l = \frac{Py + Qz}{(1+\beta)(P+Q)}.$$

Si nous remplaçons θ et ψ par leurs valeurs tirées de ces équations dans (25) et (26), nous aurons finalement

$$P\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{P+Q+\beta Q}{(1+\beta)(P+Q)}P\frac{g}{l}y = \frac{\beta}{1+\beta}\frac{PQ}{(P+Q)} \times \frac{g}{l}z, \qquad (27)$$

$$Q\frac{d^2z}{dt^2} + \frac{P+Q+\beta P}{(1+\beta)(P+Q)}Q\frac{g}{l}z = \frac{\beta}{1+\beta}\frac{PQ}{P+Q} \times \frac{g}{l}y. \qquad (28)$$

Il suffit de comparer (27) et (28) à (1) et (2), pour se rendre immédiatement compte que la présente analogie mécanique n'est pas exacte ; en effet, l'induction mutuelle entre comme coefficient de la différentielle seconde d'une quantité d'électricité, tandis que la liaison CC′ qui joue le rôle de l'induction mutuelle, est le coefficient du déplacement même, qui constitue le pendant de la quantité d'électricité.

Et alors comment définirons-nous le coefficient de couplage dans la représentation mécanique ? Si ce coefficient est purement numérique, comme dans le cas des circuits électriques, nous formerons le produit des coefficients des seconds membres des équations (27) et (28) et nous le diviserons par le produit des coefficients des termes semblables dans le premier membre ; on trouve ainsi

$$k^2 = \frac{\beta^2 PQ}{(P+Q+\beta Q)(P+Q+\beta P)}. \qquad (29)$$

Pour le cas où $P = Q$, qui est le seul que nous considérerons dans la suite, les équations (27) et (28) prennent les formes

$$(2+2\beta)\frac{d^2y}{dt^2} + (2+\beta)m^2y = \beta m^2 z \qquad (30)$$

$$(2+2\beta)\frac{d^2z}{dt^2} + (2+\beta)m^2z = \beta m^2 y, \qquad (31)$$

Digitized by Google

dans lesquelles

$$m^2 = \frac{g}{l} \quad \text{et} \quad k = \frac{\beta}{2+\beta}. \tag{32}$$

Solutions et fréquences dans le cas de lentilles égales. — Remplaçons dans (30) y par e^{xt} on obtient (33)

$$z = \frac{(2+2\beta)x^2 + (2+\beta)m^2}{\beta m^2} e^{xt}, \tag{34}$$

et l'équation (31) donne

$$[(2+2\beta)x^2 + (2+\beta)m^2]^2 = \beta^2 m^4 ;$$

d'où

$$x = \pm m\sqrt{-1} \quad \text{ou} \quad \pm \frac{m\sqrt{-1}}{\sqrt{1+\beta}}. \tag{35}$$

En portant ces valeurs de x dans (33) et (34) ainsi que les constantes ordinaires, on obtient la solution générale sous la forme

$$y = A \sin(mt + \varepsilon) + B \sin\left(\frac{mt}{\sqrt{1+\beta}} + \varphi\right), \tag{36}$$

$$z = -A \sin(mt + \varepsilon) + B \sin\left(\frac{mt}{\sqrt{1+\beta}} + \varphi\right). \tag{37}$$

Conditions initiales. — Les vitesses se déduisent des équations ci-dessus en dérivant par rapport à t.

$$\frac{dy}{dt} = mA \cos(mt + \varepsilon) + \frac{mB}{\sqrt{1+\beta}} \cos\left(\frac{mt}{\sqrt{1+\beta}} + \varphi\right), \tag{38}$$

$$\frac{dz}{dt} = -mA \cos(mt + \varepsilon) + \frac{mB}{\sqrt{1+\beta}} \cos\left(\frac{mt}{\sqrt{1+\beta}} + \varphi\right). \tag{39}$$

1. Vitesse unique. — C'est le cas où l'on imprime un choc à l'une des lentilles quand elles sont toutes les deux au repos ; alors on a

$$y = 0, \quad z = 0, \quad \frac{dy}{dt} = u, \quad \frac{dz}{dt} = 0, \quad \text{pour } t = 0. \tag{40}$$

Ces conditions permettent de tirer des équations (36) à (39)

$$A = \frac{u}{2m}, \quad B = \frac{\sqrt{1+\beta}\,u}{2m}, \quad \varepsilon = 0, \quad \varphi = 0, \tag{41}$$

et

$$y = \frac{u}{2m} \sin mt + \frac{\sqrt{1+\beta}}{2m} u \sin \frac{mt}{\sqrt{1+\beta}}, \tag{42}$$

$$z = -\frac{u}{2m} \sin mt + \frac{\sqrt{1+\beta}}{2m} u \sin \frac{mt}{\sqrt{1+\beta}}. \tag{43}$$

On a superposition de deux oscillations, l'une rapide, l'autre plus lente, dont les amplitudes ont pour rapport

$$\frac{1}{\pm\sqrt{1+\beta}}. \tag{44}$$

2. Déplacement unique. — L'un des pendules est écarté de sa position d'équilibre d'une quantité b, pendant que l'autre est maintenu au zéro, puis on les abandonne en même temps ; les conditions initiales sont alors

$$y = 0, \quad z = b, \quad \frac{dy}{dt} = 0, \quad \frac{dz}{dt} = 0 \text{ pour } t = 0. \tag{45}$$

On en déduit respectivement la valeur des constantes et les solutions des équations différentielles

$$A = -\frac{b}{2}, \quad B = \frac{b}{2}, \quad \varepsilon = \frac{\pi}{2}, \quad \varphi = \frac{\pi}{2}, \tag{46}$$

$$y = -\frac{b}{2} \cos mt + \frac{b}{2} \cos \frac{mt}{\sqrt{1+\beta}}. \tag{47}$$

$$z = \frac{b}{2} \cos mt + \frac{b}{2} \cos \frac{mt}{\sqrt{1+\beta}}. \tag{48}$$

Les rapports des amplitudes de la vibration rapide à la vibration lente, pour y et z, sont cette fois

$$\mp 1, \tag{49}$$

c'est-à-dire que les amplitudes des vibrations superposées sont numériquement égales quel que soit le degré de couplage.

La symétrie des équations montre aussi que les mouvements sont simplement interchangés si c'est l'autre pendule qui reçoit le choc ou le déplacement.

3. Double déplacement. — L'un des pendules est écarté horizontalement, l'autre est au repos dans une nouvelle position d'équilibre légèrement décalée par rapport au premier zéro. Alors si

$$\left.\begin{aligned} z = b, \quad &\text{on a} \quad y = \frac{\beta b}{1+\beta} \\ \text{et les autres conditions sont} \quad & \\ \frac{dy}{dt} = 0 \quad &\text{et} \quad \frac{dz}{dt} = 0 \end{aligned}\right\} \tag{50}$$

Ces conditions portées dans les équations (36) à (39) donnent

$$A = -\frac{b}{2+\beta}, \quad B = \frac{1+\beta}{2+\beta} b, \quad \varepsilon = \frac{\pi}{2}, \quad \varphi = \frac{\pi}{2}, \tag{51}$$

et les solutions correspondantes,

$$y = -\frac{b}{2+\beta} \cos mt + \frac{1+\beta}{2+\beta} b \cos \frac{mt}{\sqrt{1+\beta}}, \tag{52}$$

$$z = \frac{b}{2+\beta} \cos mt + \frac{1+\beta}{2+\beta} b \cos \frac{mt}{\sqrt{1+\beta}}. \tag{53}$$

Les rapports des amplitudes dans ce cas particulier sont pour y et z respectivement

$$\frac{\mp 1}{\sqrt{1+\beta}}. \tag{54}$$

4. Cas d'une fréquence unique. — On voit de suite que, si les phases sont en opposition et les amplitudes égales, la traverse CC' et les boucles ACA, A'C'A' restent au repos ; nous n'aurons que les vibrations rapides qui sont proportionnelles à cos mt. Par contre, si les phases sont de même

Digitized by Google

sens, mais les amplitudes toujours égales, les deux pendules vont osciller à l'unisson, les boucles ACA et A'C'A' formant avec leur fil correspondant un seul et même plan ; cette fois les vibrations sont du type lent ; leur période vaut $\sqrt{1+\beta}$ fois la période ci-dessus.

IV. — Description et théorie des pendules a fil et a règle. — Le modèle dénommé par les auteurs pendules à fil et à règle est constitué par deux pendules PR et QS, dont l'un est suspendu par des fils à un point R mobile le long de la règle de l'autre pendule comme le montre la figure 4. Leurs lentilles respectives sont encore représentées par P et Q, et les points de suspension, mobile et fixe, par R et S. Quand l'appareil doit servir à une double inscription, on se sert d'un système à quatre fils et trois tendeurs de façon à donner du jour au plateau supérieur qui reçoit les inscriptions de la lentille Q. Chaque corde est munie d'une pince pour régler sa longueur. Sur la figure, on a rendu visible le tendeur arrière en le dessinant plus court et un peu plus bas que l'autre. En fait, on n'a opéré qu'avec des tendeurs et des cordes parfaitement symétriques. La partie mobile R est un manchon qui coulisse le long de la règle et que l'on fixe à l'aide d'une vis ; ce manchon porte deux tiges auxquelles s'attachent les fils.

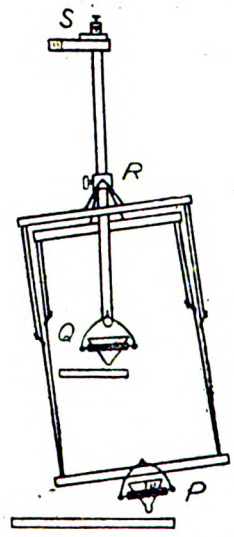


Fig. 4. — Pendule à fil-règle.

Le mode de suspension du pendule à règle consiste en deux pointes qui s'enfoncent dans des crapaudines forées dans une plaque de métal. Les lentilles P et Q sont semblables à celles des pendules précédents ; comme on le voit sur la figure 5, les deux plateaux qui reçoivent les tracés sont montés sur le même cadre qui roule sur des rails perpendiculairement au plan de la figure 4. L'entraînement se fait par une ficelle qui s'enroule sur l'axe d'une poulie.

Représentons encore par P et Q les masses des lentilles ; par r et s, les longueurs des pendules simples synchrones de PR et QS et, enfin, désignons par θ et ψ les déplacements angulaires, par y et z les déplacements linéaires des lentilles et par αs, la distance RS entre les points de suspension mobile et fixe.

Pour les très petites oscillations, nous pouvons confondre les sinus avec les arcs et considérer simplement la tension des cordes comme étant toujours égale au poids des masses P et Q. Les équations du mouvement sont alors

$$P\frac{d^2y}{dt^2} + Pg\theta = 0,$$

$$Q\frac{d^2z}{dt^2} + Qg\psi = Pg(\theta - \psi)\alpha;$$

ou encore

$$P\frac{d^2y}{dt^2} + P\frac{g'}{r}y = P\frac{g}{r}\alpha z, \qquad (55)$$

$$Q\frac{d^2z}{dt^2} + \left(\frac{P\alpha + Q}{s} + \frac{P\alpha^2}{r}\right)gz = P.\frac{g}{r}\alpha y. \qquad (56)$$

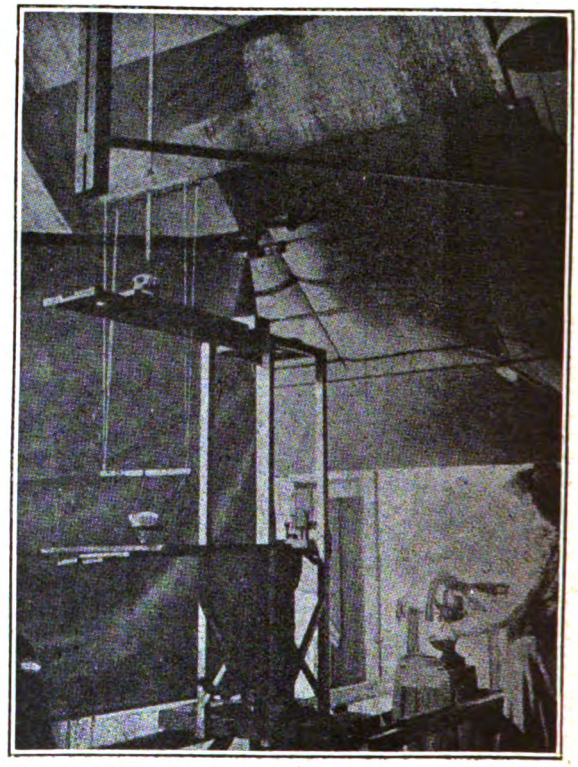


Fig. 5. — Photographie montrant le pendule fil-règle en ordre de marche.

Le coefficient de couplage est donné par l'expression

$$k^2 = \frac{Ps\alpha^2}{(P\alpha + Q)r + Ps\alpha^2}. \qquad (57)$$

Comme nous ne retiendrons que le cas où $P = Q$ et en posant $m^2\frac{g'}{r}$, il vient plus simplement

$$\frac{d^2y}{dt^2} + m^2y = m^2\alpha z, \qquad (58)$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} + (1 + \alpha + \alpha^2)m^2z = m^2\alpha y, \qquad (59)$$

$$k^2 = \frac{\alpha^2}{1 + \alpha + \alpha^2}. \qquad (60)$$

Digitized by Google

Pour α très petit, on a sensiblement $k = \alpha$.

Solutions et fréquences pour le cas où les lentilles et les longueurs sont égales, $r = s$. — Portons dans (58)

$$y = e^{xt}; \tag{61}$$

on a

$$z = \frac{x^2 + m^2}{m^2\alpha} e^{xt}. \tag{62}$$

Ces valeurs y et z introduites dans (59) conduisent à l'équation caractéristique en x

$$x^4 + x^2(2 + \alpha + \alpha^2) m^2x^2 + (1 + \alpha) m^4 = 0 \tag{63}$$

ou

$$x^4 + x^2(p^2 + q^2) x^2 + p^2q^2 = 0, \tag{64}$$

qui admet pour racines

$$x = \pm pi \quad \text{ou} \quad x = \pm qi, \quad i = \sqrt{-1}. \tag{65}$$

Les solutions générales et leurs dérivées premières par rapport au temps sont donc

$$y = A \sin(pt + \varepsilon) + B \sin(qt + \varphi) \tag{66}$$

$$z = -\frac{p^2 - m^2}{m^2\alpha} A \sin(pt + \varepsilon) + \frac{m^2 - q^2}{m^2\alpha} B \sin(qt + \varphi) \tag{67}$$

$$\frac{dy}{dt} = pA \cos(pt + \varepsilon) + \frac{m^2 - q^2}{m^2\alpha} qB \cos(qt + \varphi) \tag{68}$$

$$\frac{dz}{dt} = -\frac{p^2 - m^2}{m^2\alpha} pA \cos(pt + \varepsilon) + \frac{m^2 - q^2}{m^2\alpha} qB \cos(qt + \varphi). \tag{69}$$

En nous reportant aux équations (63) et (64), nous remarquerons que l'on a successivement

$$\left.\begin{aligned} p^2 + q^2 &= (2 + \alpha + \alpha^2) m^2 = m^2\delta, \\ p^2q^2 &= (1 + \alpha) m^4 = m^4\eta^2; \end{aligned}\right\} \tag{70}$$

d'où

$$\left.\begin{aligned} (p + q)^2 &= m^2(\delta + 2\eta), \\ (p - q)^2 &= m^2(\delta - 2\eta); \end{aligned}\right\} \tag{71}$$

$$\left.\begin{aligned} p &= \frac{m}{2}\left(\sqrt{\delta + 2\eta} + \sqrt{\delta - 2\eta}\right), \\ q &= \frac{m}{2}\left(\sqrt{\delta + 2\eta} - \sqrt{\delta - 2\eta}\right) \end{aligned}\right\} \tag{72}$$

et

$$\frac{p}{q} = \frac{\sqrt{\delta + 2\eta} + \sqrt{\delta - 2\eta}}{\sqrt{\delta + 2\eta} - \sqrt{\delta - 2\eta}}. \tag{73}$$

Une variante de ce mode de calcul consiste à éliminer q^2 entre les équations (70), on obtient une équation bicarrée en p, dont nous désignerons la plus grande racine par p et l'autre par q, ce qui donne

$$p^4 - (2 + \alpha + \alpha^2) m^2p^2 + (1 + \alpha) m^4 = 0, \tag{74}$$

et

$$\left.\begin{aligned} p^2 &= m^2\left(1 + \frac{\alpha}{2} + \frac{\alpha^2}{2}\right) + \frac{m^2\alpha}{2}\sqrt{\alpha^2 + 2\alpha + 5} \\ q^2 &= m^2\left(1 + \frac{\alpha}{2} + \frac{\alpha^2}{2}\right) + \frac{m^2\alpha}{2}\sqrt{\alpha^2 + 2\alpha + 5} \end{aligned}\right\} \tag{75}$$

avec

$$\frac{p}{q} = \left[\frac{2 + \alpha + \alpha^2 + \alpha[\alpha^2 + 2\alpha + 5]^{\frac{1}{2}}}{2 + \alpha + \alpha^2 - \alpha[\alpha^2 + 2\alpha + 5]^{\frac{1}{2}}}\right]^{\frac{1}{2}}. \tag{76}$$

Ces résultats montrent que les vibrations superposées dans chacun des systèmes couplés non seulement diffèrent entre elles, mais diffèrent aussi des périodes des systèmes séparés alors même que celles-ci seraient égales. Il y aura donc des battements.

Par conséquent, sous sa forme rudimentaire, cet ensemble du pendule à fil et à règle constitue sensiblement le pendant de deux circuits électriques couplés ; le désaccord n'apparaît que dans la comparaison des détails des équations (75) et (18).

Conditions initiales. — Puisque les équations du pendule double ne sont pas symétriques, les phénomènes dépendent visiblement de la lentille qui a reçu le choc ou le déplacement au départ. Nous traiterons donc chaque pendule à son tour.

1. Choc sur la lentille supérieure. Les conditions initiales sont

$$y = 0, \quad z = 0, \quad \frac{dy}{dt} = 0, \quad \frac{dz}{dt} = v, \quad \text{pour} \quad t = 0; \tag{77}$$

portées dans les équations (66) à (69), elles donnent pour les constantes et les solutions générales

$$\varepsilon = 0, \quad \varphi = 0, \quad A = \frac{-m^2\alpha v}{p(p^2 - q^2)}, \quad B = \frac{m^2\alpha v}{q(p^2 - q^2)}, \tag{78}$$

et

$$\left.\begin{aligned} y &= -\frac{m^2\alpha v}{(p^2 - q^2) p} \sin pt + \frac{m^2\alpha v}{(p^2 - q^2) q} \sin qt, \\ z &= \frac{(p^2 - m^2) v}{(p^2 - q^2) p} \sin pt + \frac{(m^2 - q^2) v}{(p^2 - q^2) q} \sin qt. \end{aligned}\right\} \tag{79}$$

Les rapports des amplitudes des oscillations rapides et lentes pour y et z sont

$$-\frac{q}{p} \quad \text{et} \quad \frac{(p^2 - m^2) q}{(m^2 - q^2) p}. \tag{80}$$

2. Choc sur la lentille inférieure. Les conditions initiales sont

$$y = 0, \quad z = 0, \quad \frac{dy}{dt} = u, \quad \frac{dz}{dt} = 0, \quad \text{pour} \quad t = 0; \tag{81}$$

on en déduit, pour les constantes et les équations des mouvements,

$$\varepsilon = 0, \quad \varphi = 0, \quad A = \frac{(m^2 - q^2) u}{(p^2 - q^2) p}, \quad B = \frac{(p^2 - m^2) u}{(p^2 - q^2) q}. \tag{82}$$

$$\left.\begin{aligned} y &= \frac{(m^2 - q^2) u}{(p^2 - q^2) p} \sin pt + \frac{(p^2 - m^2) u}{(p^2 - q^2) q} \sin qt, \\ z &= -\frac{(p^2 - m^2)(m^2 - q^2) u}{m^2\alpha(p^2 - q^2) p} \sin pt + \frac{(m^2 - q^2)(p^2 - m^2) u}{m^2\alpha(p^2 - q^2) q} \sin qt. \end{aligned}\right\} \tag{83}$$

Digitized by Google

Les rapports des amplitudes sont respectivement

$$\frac{(m^2-q^2)\,q}{(p^2-m^2)\,p},\quad -\frac{q}{p}. \tag{84}$$

Il est intéressant de rapprocher (84) et (80).

3. La lentille supérieure est déplacée, l'autre est libre. A ce cas correspondent les conditions

$$y=\alpha b,\quad z=b,\quad \frac{dy}{dt}=0,\quad \frac{dz}{dt}=0,\quad \text{pour}\quad t=0, \tag{85}$$

qui, portées dans les équations (66) à (69), donnent pour résultats

$$\varepsilon=\frac{\pi}{2},\quad \varphi=\frac{\pi}{2},\quad A=-\frac{\alpha q^2 b}{p^2-q^2},\quad B=\frac{\alpha p^2 b^2}{p^2-q^2}, \tag{86}$$

$$\left.\begin{aligned} y&=-\frac{\alpha q^2 b}{p^2-q^2}\cos pt+\frac{\alpha p^2 b}{p^2-q^2}\cos qt\\ z&=\frac{(p^2-m^2)\,q^2 b}{(p^2-q^2)\,m^2}\cos pt+\frac{(m^2-q^2)\,p^2 b}{(m^2-q^2)\,m^2}\cos qt, \end{aligned}\right\} \tag{87}$$

$$\frac{A}{B}=-\frac{q^2}{p^2}\quad\text{et}\quad \frac{(p^2-m^2)\,q^2}{(m^2-q^2)\,p^2}. \tag{88}$$

4. La lentille inférieure est déplacée, l'autre est libre. Supposons que ce déplacement a soit produit par une force horizontale ; le déplacement correspondant z de Q, quand le système est revenu au repos, peut être déterminé en faisant état des lois de la statique. On trouve ainsi

$$y=a,\quad z=\frac{\alpha a}{1+\alpha+\alpha^2},\quad \frac{dy}{dt}=0,\quad \frac{dz}{dt}=0,\quad \text{pour } t=0, \tag{89}$$

et

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon&=\frac{\pi}{2},\quad A=\frac{(1+\alpha)\,m^2-(1+\alpha+\alpha^2)\,q^2}{(1+\alpha+\alpha^2)\,(p^2-q^2)}\,a,\\ \varphi&=\frac{\pi}{2},\quad B=\frac{(1+\alpha+\alpha^2)\,p^2-(1+\alpha)\,m^2}{(1+\alpha+\alpha^2)\,(p^2-q^2)}\,a, \end{aligned}\right\} \tag{90}$$

$$y=\frac{(1+\alpha)\,m^2-(1+\alpha+\alpha^2)\,q^2}{(1+\alpha+\alpha^2)\,(p^2-q^2)}\,a\cos pt+\frac{(1+\alpha+\alpha^2)\,p^2-(1+\alpha)\,m^2}{(1+\alpha+\alpha^2)\,(p^2-q^2)}\,a\cos qt, \tag{91}$$

$$z=-\frac{(p^2-m^2)\,[(1+\alpha)\,m^2-(1+\alpha+\alpha^2)\,q^2]}{m^2\alpha\,(1+\alpha+\alpha^2)\,(p^2-q^2)}\,a\cos pt+\frac{(m^2-q^2)\,[(1+\alpha+\alpha^2)\,p^2-(1+\alpha)\,m^2]}{m^2\alpha(1+\alpha+\alpha^2)\,(p^2-q^2)}\,a\cos qt. \tag{92}$$

Enfin les rapports des amplitudes des oscillations rapides et lentes relatives à y et z sont respectivement

$$\text{pour}\qquad y\ \frac{(1+\alpha)\,m^2-(1+\alpha+\alpha)^2\,q^2}{(1+\alpha+\alpha^2)\,p^2-(1+\alpha)\,m^2}, \tag{93}$$

$$\text{et pour}\quad z\ \frac{-(p^2-m^2)\,[(1+\alpha)\,m^2-(1+\alpha+\alpha^2)\,q^2]}{(m^2-q^2)\,[(1+\alpha+\alpha^2)\,p^2-(1+\alpha)\,m^2]}. \tag{94}$$

Il y a encore intérêt à opposer les formules (93) et (94) à la formule (88).

V. — Comparaison entre les deux modèles de pendules couplés. — En se reportant aux équations (27 et (28), (55) et (56), on constate que, pour les deux modèles envisagés, les équations du mouvement sont de la forme

$$P\frac{d^2y}{dt^2}+Ay=Bz, \tag{95}$$

$$Q\frac{d^2z}{dt^2}+Az=By. \tag{96}$$

et que, dans chaque cas, le coefficient de couplage est donné par la relation

$$k^2=\frac{B^2}{AC}. \tag{97}$$

Il faut les comparer aux équations (1) à (3) relatives au système électrique ; pour celui-ci, le coefficient de couplage contient les self-inductions L_1 et L'_1, mais il est indépendant des capacités, tandis que dans les formules (95) et (96) A et C sont affectés de $\frac{g}{l}$, $\frac{g}{r}$ et $\frac{g}{s}$ (comparables à l'inverse des capacités) et aussi de P et Q (comparables aux self-inductions L et L').

Bien que les deux types de pendules soient, en gros, semblables et que leurs mouvements rentrent dans les équations (95) et (96), il y a pourtant des différences dans les détails, étant donné que ceux-ci dépendent des coefficients A, B et C. Il est particulièrement remarquable que dans les pendules à double fil réglés à la même longueur, et à la même masse, l'une des deux vibrations superposées après couplage ait toujours la période des pendules libres (1) ; dans ce modèle aussi, tout est interchangeable ; ces propriétés ne se retrouvent pas dans le pendule à fil et à règle et, par conséquent, celui-ci offre plus de ressemblance avec le circuit électrique.

VI. — Cas particulier ou les vibrations couplées se réduisent a des vibrations forcées. — Il est curieux de se rendre compte comment des vibrations couplées peuvent se réduire à des vibrations forcées dans le cas où le couplage est lâche et où la masse accélératrice est beaucoup plus grande que la masse entraînée. Ainsi supposons que, dans les équations (95) et (96), B soit petit, mais encore appréciable par rapport à la masse P très petite et négligeable devant la grosse masse Q. L'équation (96) se simplifie à

$$Q\frac{d^2z}{dt^2}+Cz=0, \tag{98}$$

qui admet pour solution

$$z=k\sin nt. \tag{99}$$

En portant cette valeur de z dans le second membre de l'équation (95), il vient

$$P\frac{d^2y}{dt^2}+Ay=Bk\sin nt. \tag{100}$$

qui est une des formes de l'équation d'un mouvement dont les oscillations sont forcées.

(1) En effet, d'après les équations (36) et (37), cette période est donnée par $\theta=\frac{2\pi}{m}$; comme on a posé $m=\sqrt{\frac{g}{l}}$, il vient

$$\theta=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}=T.$$

Digitized by Google

En suspendant un pendule simple, de masse très faible, tout près du point A du pendule à double fil, nous répéterions l'expérience du cymomètre de Fleming qui décèle, par résonance, les deux ondes superposées de deux circuits inductifs à couplage serré. Le pendule, comme le cymomètre, oscillera avec une amplitude maximum pour les deux longueurs qui correspondent respectivement à la vibration rapide et à la vibration lente.

Si la masse P est beaucoup plus petite que Q et B faible, mais non négligeable par rapport à P et Q, les équations (27, à 29) du pendule à double fil et (55) à (57) du pendule à fil et à règle se réduisent à des expressions particulièrement simples ; il est même remarquable que les coefficients de couplage soient donnés, dans les deux cas, par des formules symétriques

$$k^2 = \beta^2 \frac{P}{Q} \qquad (101)$$

et

$$k^2 = \alpha^2 \frac{P}{Q}. \qquad (102)$$

VII. — Expériences et résultats. — *Pendule à double fil.* — On le faisait descendre presque au ras du plancher, au-dessus d'un tableau noir monté sur des galets et qui était entraîné à une vitesse convenable au moyen d'une ficelle qui s'enroulait sur l'axe d'une poulie. Une fois l'inscription terminée, on posait le plateau sur le plancher et on tirait une photographie du tracé au sable.

Dans le tableau I sont collationnés tous les résultats obtenus par application des formules théoriques en partant d'un certain nombre de couplages donnés.

La longueur totale BD était de 229 cm. Pour les travaux de laboratoire, il est commode d'avoir une règle ayant exactement la longueur BD sur laquelle on marque les positions de C correspondant à un couplage déterminé.

Tableau I. — *Pendule à double fil.*

COUPLAGE k EN POUR 100	RAPPORT $\frac{CD}{\overline{BC}}$ OU $\beta = \frac{2\gamma}{1-\gamma}$	RAPPORT $\frac{CD}{\overline{BD}}$ OU $\frac{\beta}{1+\beta} = \frac{2\gamma}{1+\gamma}$	VALEUR DE LA FLÈCHE CD POUR BD = 229 CM EN CM	RAPPORT DES FRÉQUENCES $\frac{p}{q} = \sqrt{1+\beta}$ (1)	RAPPORT DES AMPLITUDES QUAND UNE LENTILLE EST FRAPPÉE (2) $\frac{A}{B} = (1+\beta)^{-\frac{1}{2}}$
5	2/19	0,095	21,81	1,051	0,957
10	2/9	0,182	41,63	1,105	0,905
15	6/17	0,261	59,77	1,163	0,860
20	1/2	0,333	76,33	1,225	0,816
25	2/3	0,400	91,60	1,291	0,775
33 1/3	1	0,500	114,5	1,414	0,707
40	4/3	0,571	130,86	1,527	0,654
50	2	0,667	157,7	1,732	0,577
60	3	0,750	171,5	2	0,500
			Longueur observée donnant :		
> 60			173	2	

(1) Formule (36) ou (37). (2) Formules (41).

La figure 6 est la reproduction de 16 inscriptions doubles obtenues avec ce pendule. Les couplages sont indiqués sur chaque cliché en pour 100. Les lettres F ou W indiquent que l'une des lentilles a été lancée soit par une chiquenaude, soit par un coup de maillet, formules (40) à (44) ; le trait surmonté d'un cercle veut dire que l'une des lentilles a été écartée de sa position d'équilibre, puis abandonnée sans vitesse initiale, formules (50) à (54) ; mais si le petit cercle est répété sur la deuxième inscription, c'est que la première lentille a été déplacée horizontalement pendant que l'on maintenait la seconde dans sa position d'équilibre ; puis les deux lentilles sont lâchées en même temps. Les flèches indiquent le sens de l'inscription. Dans certaines expériences, on a mis le plateau en mouvement avant les pendules ; les inscriptions sont, par conséquent, affectées de leurs conditions initiales.

L'inspection des clichés 1 à 9 de la figure 6 nous permet de suivre la transformation progressive des oscillations quand on passe du couplage à 5 pour 100 au couplage à 60 pour 100. Sur le premier cliché, on constate l'existence de battements et le transfert graduel de l'énergie de l'un à l'autre pendule. Les vibrations semblent être des fonctions sinusoïdales simples affectées seulement d'un changement lent dans leurs amplitudes ; c'est la conséquence bien connue de la superposition de deux mouvements vibratoires dont les périodes sont très voisines. Or les périodes mêmes des battements comprennent un nombre de vibrations en concordance avec la théorie. D'après le tableau I, le rapport de $q = 1{,}05$ et le cliché donne 21 et 20 vibrations entre deux nœuds consécutifs.

Le cliché 9 reproduit, très sensiblement, la courbe complexe caractéristique de la superposition d'un son et de son octave. En fait, si le rapport p/q était rigoureusement égal à 2/1, la dentelure ne se déplacerait pas le long de la courbe, mais se retrouverait chaque fois dans la même position. Ce cas correspond à la neuvième ligne du tableau I, dans laquelle la longueur calculée de la flèche est de 117,5 cm, pour un rapport des fréquences égal au rapport de 2 à 1 ; or l'expérience montre que ce dernier rapport n'est réalisé que si la flèche a une longueur de 173 cm. Le cliché 10 a été pris dans ces conditions ; la dentelure ne subit qu'un déphasage à peine perceptible. On peut d'ailleurs contrôler ce résultat en répétant, avec les deux pendules, l'expérience classique de Lissajous ; à cet effet, on fait d'abord tourner le plateau de 90° et on le laisse au repos ; puis on lance les deux pendules de façon qu'ils exécutent

Digitized by Google

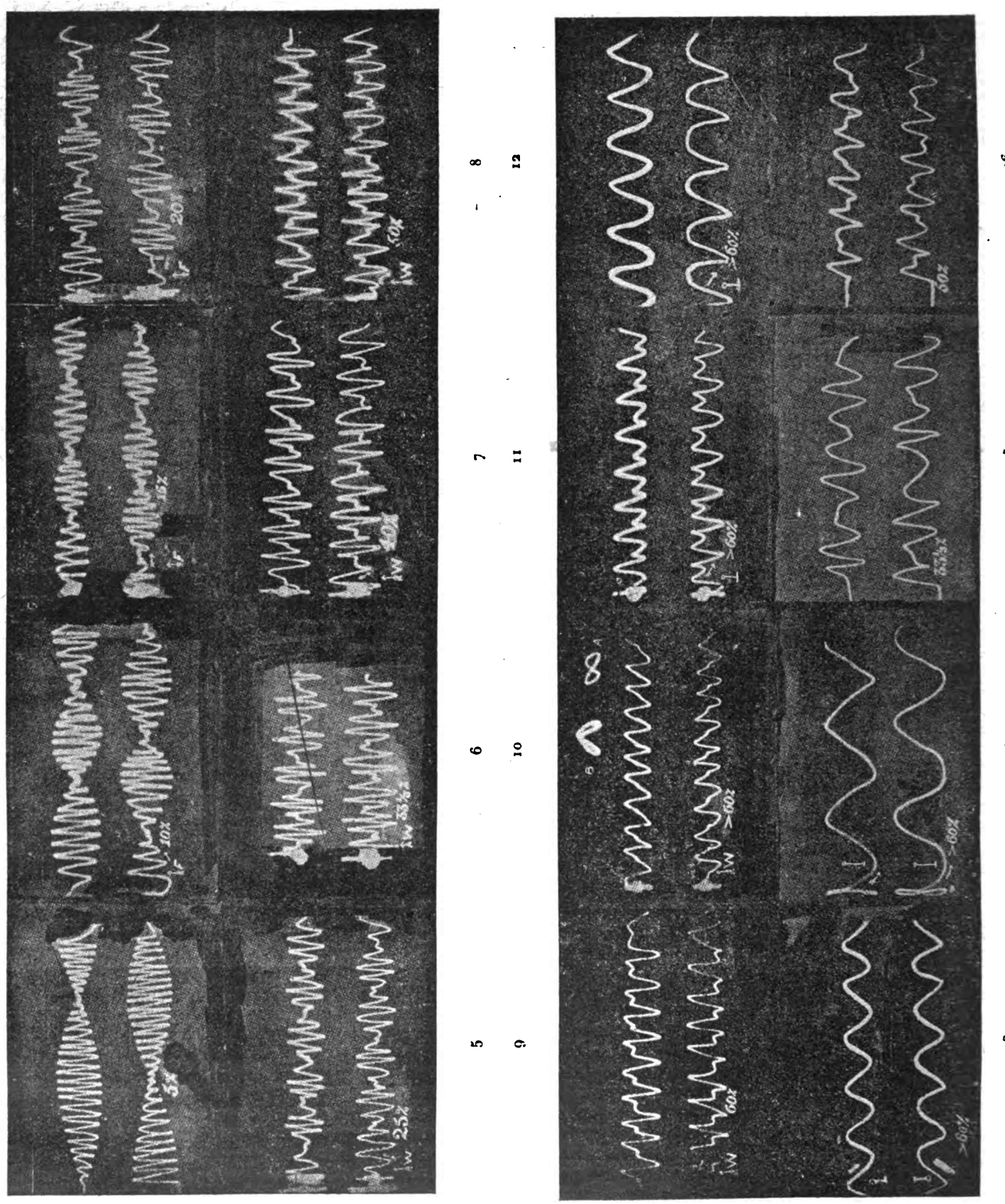


Fig. 6. — Reproductions photographiques des inscriptions séparées des oscillations des pendules à double fil, pour différentes conditions initiales et différentes valeurs du couplage exprimé en pour 100.

des oscillations perpendiculaires entre elles. Dans ces conditions ils tracent simultanément les courbes de Lissajous caractéristiques de l'octave et visibles en haut du cliché.

Le passage progressif des battements à l'intervalle d'octave est très instructif; il fait ressortir aussi la supériorité du dispositif enregistreur sur le chronométrage des mou-

Digitized by Google

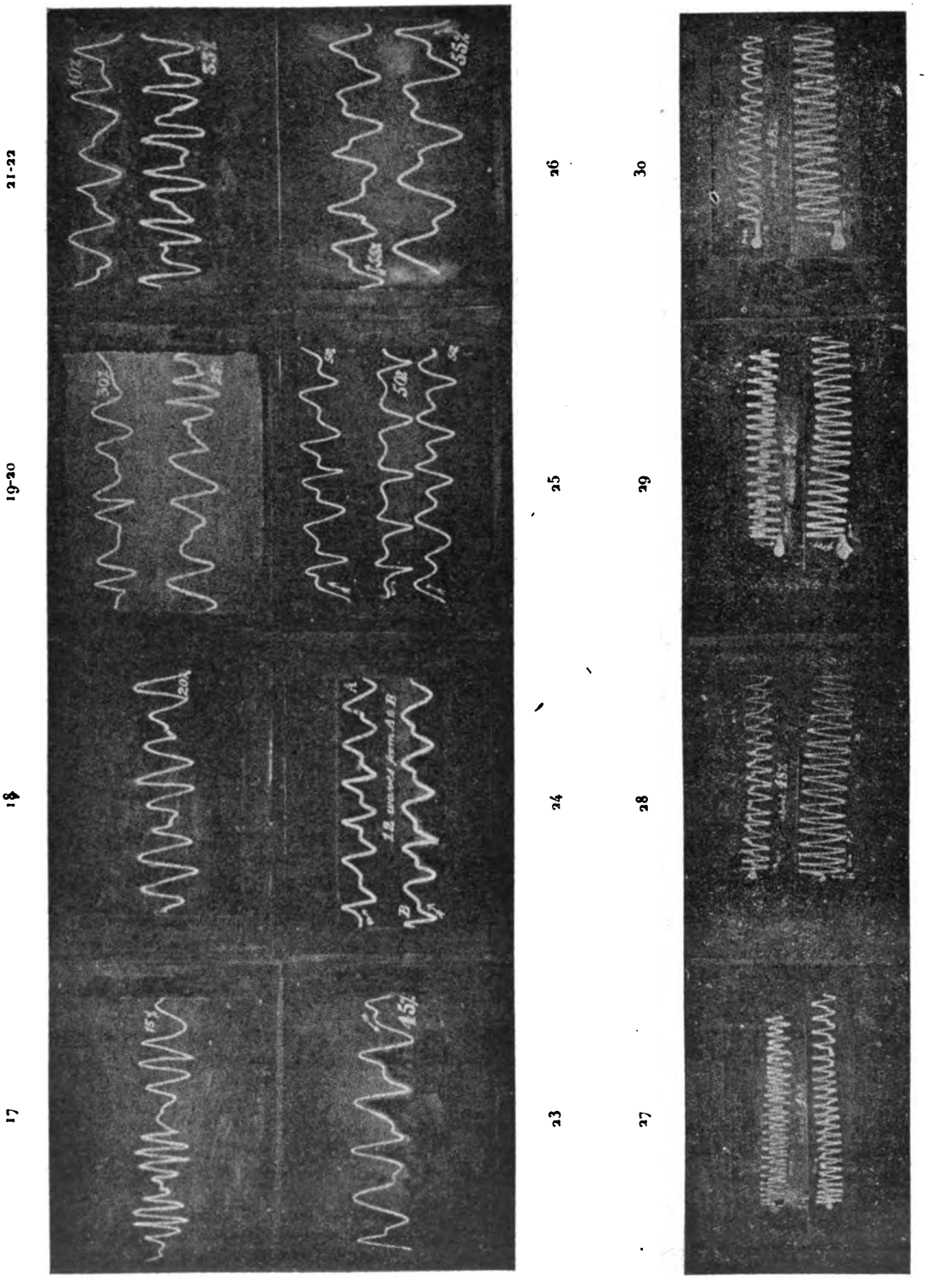


Fig. 7. — Photographie des inscriptions du pendule fil-règle, pour différentes conditions initiales et pour différentes valeurs du couplage exprimé en pour 100.

Inscriptions de la lentille inférieure quand la lentille supérieure est frappée. — 12 waves from A to B. 12 ondes de A en B.

Inscriptions simultanées des deux lentilles pour diverses conditions initiales, mais pour un même couplage d'environ 48 pour 100.

Digitized by Google

vements intermédiaires dont l'œil est incapable de suivre directement les différents stades. Les autres inscriptions ont été pour la plupart effectuées avec le même couplage; elles se distinguent toutefois par leurs conditions initiales.

Pour le cliché 11, l'une des lentilles a été maintenue au zéro, tandis que l'autre était déplacée; puis les deux pendules ont été libérés en même temps, équations (47) à (49). En 12, on a réalisé le cas du double déplacement traité dans les équations (51) à (64).

Les clichés 13 et 14 correspondent à des vibrations simples au lieu de vibrations superposées. Pour le premier, les deux pendules ont été écartés de longueurs égales, mais opposées, au moyen d'un fil qui était brûlé quand tout le système était revenu à l'immobilité; pour le second, on lançait les pendules à la main jusqu'à ce qu'ils aient des amplitudes égales et de même sens. On s'était arrangé pour donner au plateau, dans les deux expériences, la même vitesse contrôlée avec une règle et un compteur à secondes. Le rapport des périodes est bien un demi pour ces deux exemples, conformément à la théorie.

Enfin les clichés 15 et 16 remplissent encore, pour deux couplages importants, les conditions initiales du double déplacement, c'est-à-dire que l'un des pendules est écarté de sa position d'équilibre pendant que l'autre reste suspendu librement et au repos, comme dans le cas 12; toutefois, pour ces dernières expériences, on lançait le plateau avant de libérer les pendules, comme on le reconnait sur les courbes.

« Dans tous les cas, disent les auteurs, où nous avons vérifié les inscriptions, nous les avons trouvées en concordance parfaite avec la théorie, aussi bien quantitativement que qualitativement. On réalisait ce contrôle en traçant, sur du papier millimétrique, la courbe théorique et en lui comparant les inscriptions obtenues avec la poudre de sable. »

Pendule à fil et à règle — Pour toute cette série d'expériences, on a fait $r = s$ et $P = Q$, en sorte que les équations (58) à (60) leur sont applicables ainsi que toutes celles qui en dérivent. C'est d'après elles que l'on a calculé les valeurs consignées dans le tableau II. La longueur du pendule simple équivalent à l'un des pendules à règle oscillant seul a été trouvée égale à 112 cm. Les longueurs S R ont été en conséquence déterminées par la relation $SR = 112\,\alpha$ et inscrites dans le tableau. On a repéré la règle sur les positions de R correspondant à des couplages donnés pour faciliter le réglage. Cependant beaucoup de ces couplages n'ont pu être utilisés avec le modèle actuel, par exemple, ceux inférieurs à 15 pour 100 ou supérieurs à 55 pour 100.

Tableau II.

COUPLAGE k EN POUR 100	RAPPORT $\frac{RS}{QS} = \alpha$	LONGUEUR $SR = 112 \times \alpha$ EN CM
5	0,051331	5,75
10	0,105680	11,74
15	0,163660	18,33
20	0,226020	25,31
25	0,293675	32,89
30	0,367800	41,19
35	0,449612	50,36
40	0,541,45	60,70
45	0,646610	72,42
50	0,767591	85,97
55	0,910181	101,94
57,7	1	112

La figure 7 est la reproduction photographique de 14 courbes enregistrées sous différentes conditions de couplage et d'excitation initiale. Les dix premiers clichés, de 17 à 26, sont les tracés de la lentille inférieure quand on imprime un choc à la lentille supérieure, k variant de 15 à 55 pour 100. Sur le cliché 24, le couplage à 48 pour 100 résulte des tâtonnements qui ont donné 2/1 pour le rapport des fréquences. Les graphiques donnent aussi ce rapport avec une grande précision; pour le prouver, on a relevé deux lignes d'inscription comprenant 12 ondes; on a constaté que la dentelure n'a subi qu'un très léger déphasage sur l'onde principale après un temps correspondant à 23 p : sec de la plus longue des périodes.

On a rendu ce déphasage encore plus visible sur les clichés 25 et 26 avec des couplages de 50 et 55 pour 100, en prenant plusieurs lignes d'inscription par déplacements successifs du chariot d'avant en arrière sans toucher au pendule.

Les derniers clichés, de 27 à 30, contiennent les inscriptions simultanées des deux pendules, avec le même couplage de 48 pour 100 que le calcul indique comme devant donner la valeur 2/1 pour le rapport des fréquences. De la comparaison des courbes 27 et 28, il ressort nettement que le pendule qui n'est pas frappé exécute toujours le mouvement complexe, que ce soit le pendule supérieur ou inférieur: au contraire, le pendule frappé exécute des vibrations très différentes suivant que c'est celui d'en haut ou d'en bas qui a reçu le choc, équations (77) à (84). Les courbes des clichés 29 et 30 correspondent aux équations (85) à (94); l'un des pendules était maintenu éloigné de sa position d'équilibre à l'aide d'un fil horizontal; l'autre restait libre. On brûlait le fil quand l'ensemble était revenu à l'immobilité. — B. C.

La radioactivité des roches préhistoriques de l'État de Mysore, dans l'Inde du Sud [1].

Les échantillons étudiés primitivement par les auteurs sont constitués par des schistes amphibologiques (sulfates double de calcium et de magnésium) d'origine ignée, fournis par la Kolar Gold Field. D'après les premiers résultats publiés (*Philosophical Magazine* janvier 1914, t. XXVIII, p. 44), il semble que la teneur en radium est faible et varie très peu sur une profondeur verticale de 1 000 m mesurée à partir de la surface. Les nouveaux essais ont porté sur un plus grand nombre de composés dits de la roche complexe de Mysore, le tableau détaillé n'en contient pas moins de 20. Chaque prise, de 10 g, est réduite en poudre, puis fondue avec l'hydroxyde de potassium sous pression réduite et les gaz produits, débarrassés de l'hydrogène et desséchés, sont dirigés sur un électroscope. Voici les résultats donnés par ces expériences: 1° les roches très-anciennes, toutes d'origine ignée, contiennent très peu de radium; 2° parmi les différents groupes séparés géologiquement, il y en a qui présentent des différences frappantes au point de vue de leur teneur en radium; 3° pour les groupes de constitution uniforme, la quantité de radium paraît indépendante de la profondeur à laquelle ils ont été extraits; 4° en général un magma de nature basique est moins riche en radium qu'un autre acide et parmi les composés des magmas d'origine granitique, ce sont les pegmatites qui renferment la plus grande quantité de radium.

La charnokite fait exception à cette règle; sa teneur en radium est extraordinairement faible. Certaines roches difficiles à identifier peuvent être classées d'après la proportion de radium qu'elles contiennent.

[1] W.-F. Smeeth et H.-E. Watson. *Philosophical Magazine* février 1918, t. XXXV, p. 206-214.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Les stations centrales de grande puissance

L'auteur de cet article, tout en montrant l'intérêt qu'il y aura dans l'avenir à employer des stations centrales puissantes, indique quel serait, à son avis, le schématype d'une installation de ce genre. Il insiste en particulier sur la nécessité qu'il y a d'employer dans l'usine des tranches ou unités aussi semblables que possible, ainsi que sur l'intérêt qui se présente dès maintenant de réaliser une unification générale des installations de ce genre.

On vient de voir que nos alliés anglais, dans le but d'économiser du charbon, envisagent l'établissement d'un programme national d'électrification, groupant en seize secteurs toutes les distributions de l'ensemble du pays, ce groupement permettant l'installation de puissantes stations centrales avec groupes de 20 000 ou 50 000 kw, atteignant un prix de revient excessivement réduit par kilowatt-heure débité.

En France, et pour les mêmes raisons, une tendance analogue a amené les capitalistes à grouper les distributions éparses et à les alimenter normalement par des centrales puissantes modernes ; les anciennes centrales existantes n'étant plus guère envisagées que comme réserve.

La reconstruction des réseaux de distribution électrique dans nos riches pays envahis va certainement être étudiée sur cette même base de la création de quelques stations centrales de très grandes puissances, rayonnant par des lignes à haute tension sur de grandes régions.

Enfin, nos régions de houille blanche des Alpes et des Pyrénées vont être aménagées suivant des programmes d'ensemble, permettant l'utilisation rationnelle et intégrale de ces immenses sources d'énergie dans des centrales puissantes alimentant des réseaux à très hautes tensions et dont le projet de Génissiat est un exemple.

La plupart des installations exécutées pendant ces dernières années, en Europe et en Amérique, se ressentent de la période de transition entre les installations à faible ou moyenne puissance et les installations comportant un grand nombre d'unités de plus de 10 000 kw.

Les ingénieurs exploitant ces centrales se sont rapidement rendu compte des différences existant entre ces deux catégories d'installations, différences dues aux phénomènes secondaires provoqués par les surintensités considérables mises en jeu lors de troubles dans le fonctionnement.

Cette période de transition a été caractérisée par l'étude de ces phénomènes et de leurs effets, et par la mise au point du matériel électrique correspondant à ces grandes puissances : alternateurs, transformateurs, disjoncteurs, etc.

La question des protections contre les surtensions, quoique encore très controversée, a, pendant la même période, fait de grands progrès.

Il est un point cependant qui n'a pas encore été suffisamment étudié : c'est la disposition type des centrales

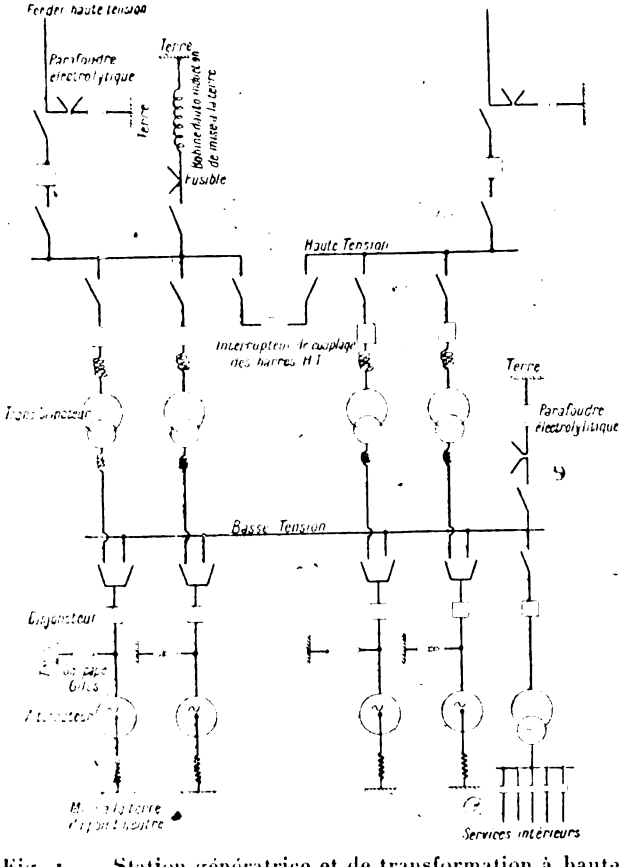
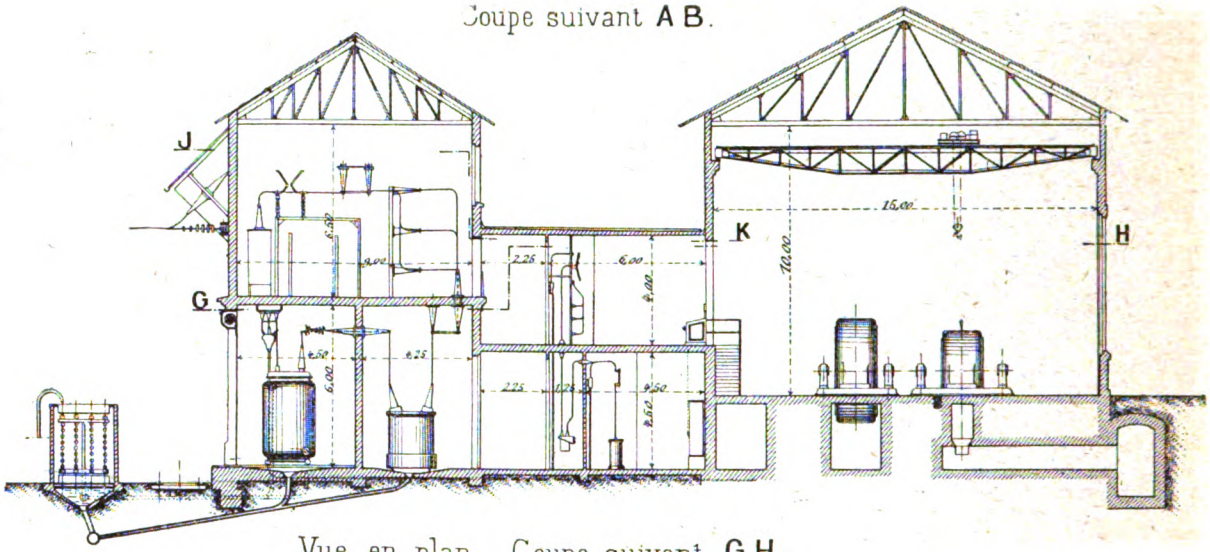


Fig. 1. — Station génératrice et de transformation à haute tension. Schéma général.

de grande puissance, et ce manque d'uniformité dans les dispositions adoptées entraîne une diversité regrettable dans la forme et l'agencement des appareils, qui fait que, dans une station équipée avec le matériel de tel construc-

Digitized by Google

Coupe suivant A B.



Vue en plan. — Coupe suivant G H.

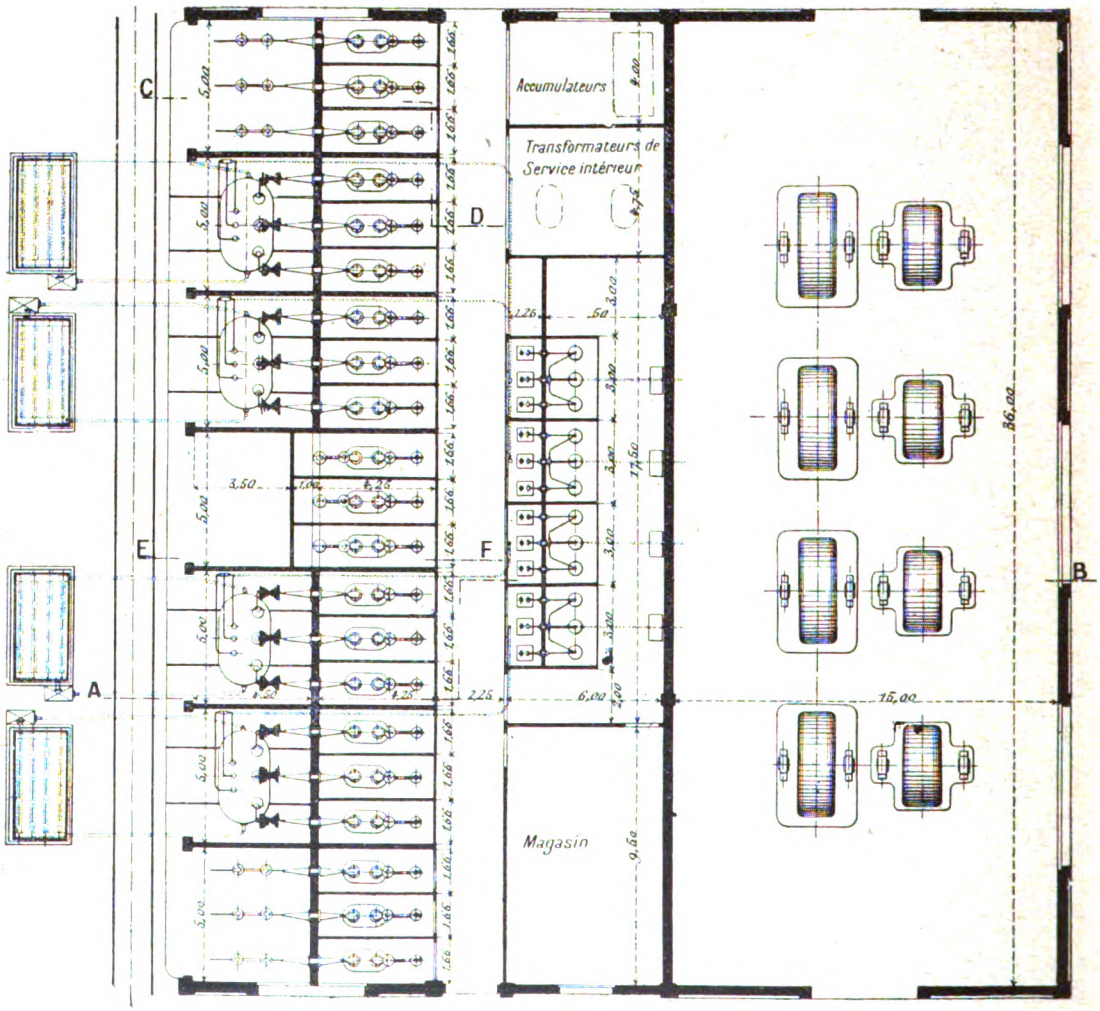
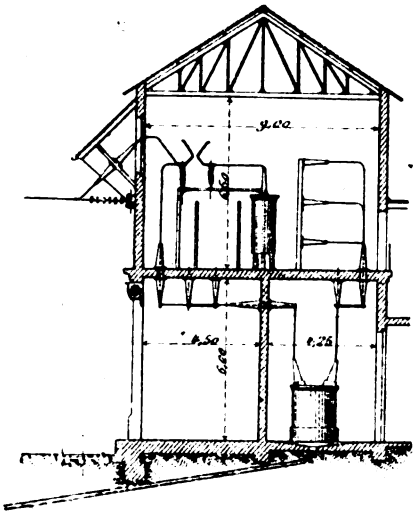


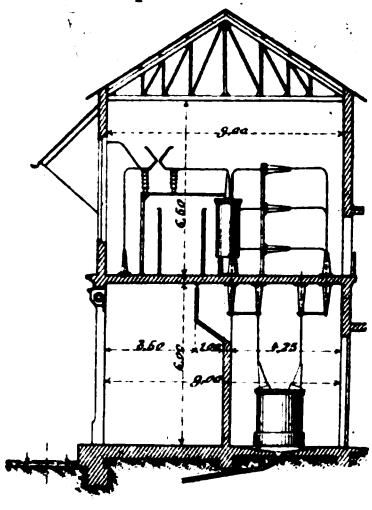
Fig. 1. — Station génératrice et de transformation

Digitized by Google

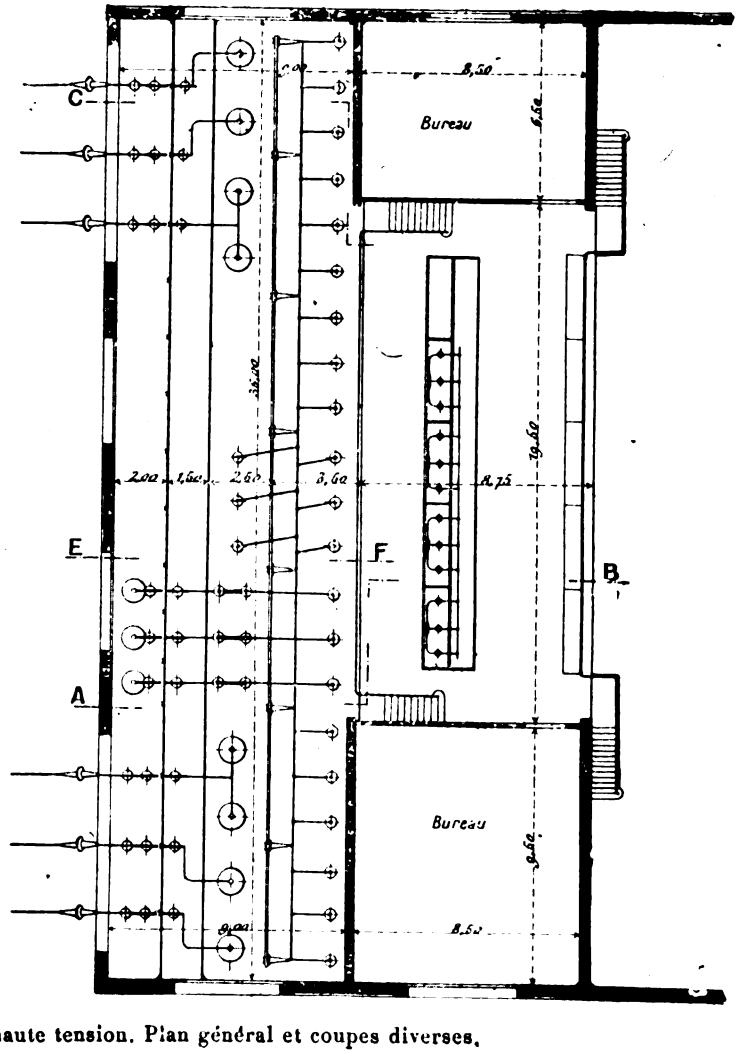
Coupe suivant C D



Coupe suivant F F



Vue en plan — Coupe suivant J K.



à haute tension. Plan général et coupes diverses.

teur n'ayant, par exemple, pas donné entière satisfaction, il est très difficile de le remplacer par un autre matériel, mieux approprié.

J'estime qu'au moment où se posent d'une façon pressante les projets que je viens de signaler, il est du plus haut intérêt d'ouvrir une discussion entre exploitants et constructeurs sur les dispositions types à adopter dans l'état actuel de l'électrotechnique pour les installations de centrales à grande puissance et haute tension.

Cette discussion a déjà été amorcée par des études récentes parues ici même (1).

Je vais exposer les grandes lignes de la façon dont un exploitant envisage le problème, heureux si nos constructeurs y apportent leurs fortes critiques.

Les stations centrales électriques de grande puissance peuvent rentrer dans une des catégories suivantes :

1° Station génératrice (généralement hydro-électrique) dans laquelle toute la puissance produite est transmise sous forme de courants à haute tension pour être distribuée dans des centres très éloignés de la station génératrice ;

2° Poste de transformation abaisseur, recevant par exemple le courant de la station génératrice précédente et alimentant des réseaux à moyenne tension ;

3° Stations génératrices (hydro-électriques ou thermo-électriques) distribuant directement, à moyenne tension, une partie de l'énergie produite et transformant une autre partie pour être transmise à haute tension ;

4° Stations génératrices (généralement thermo-électriques) distribuant directement à moyenne tension la totalité de l'énergie produite.

Les conditions générales principales auxquelles doivent répondre toutes ces installations et devant lesquelles toute autre considération doit s'effacer sont, dans leur ordre de priorité :

(1) Protection des centrales de grande puissance contre les effets des courts-circuits. *R. G. E.*, 11 et 18 août 1917, t. II, p. 215-255; Conseils pour la construction des grands postes à haute tension. *R. G. E.*, 20 octobre 1917, t. II, p. 617.

Digitized by Google

Sécurité de service;
Facilité de manœuvre;
Économie ;
Possibilité d'extension.

I. — Station génératrice hydro-électrique et poste de transformateurs-élévateurs. — Schéma type. — La station centrale établie suivant le schéma (fig. 1) sera divisée en tranches aussi semblables que possible, ce qui est d'une importance capitale pour éviter toute fausse manœuvre en exploitation.

Elle comprendra par exemple 4 turbo-alternateurs et 4 transformateurs-élévateurs de 5 000, 10 000 kw, ou de puissance supérieure, et 2 feeders à haute tension.

Ce nombre de groupes, la courbe de rendement des turbines hydrauliques et les courbes de débit des réseaux actuels, dispensent généralement de prévoir un ou deux groupes de plus faible puissance que les autres pour assurer le service pendant les périodes moins chargées.

Nous ne nous occuperons exclusivement que de l'équipement électrique, et nous aurons l'occasion de revenir dans une autre étude sur les dispositions à adopter pour la partie mécanique.

Groupes électrogènes. — Chaque groupe comportera son excitatrice en bout d'arbre. La sécurité de fonctionnement de ces excitatrices est suffisante pour rendre inutile l'installation d'excitatrices indépendantes de secours et la complication des connexions qui en résulte.

La tension aux bornes des alternateurs sera de 6000 à 10000 v.

On n'a aucune raison de bobiner les alternateurs pour une tension très élevée, puisque aucune partie de l'énergie n'est transmise à la tension directe de la génératrice, et à partir de 6000 v, on peut exécuter sans aucune difficulté des enroulements d'alternateurs même très puissants (20 000 kw ou plus).

Les rhéostats d'excitation seront suffisamment dimensionnés et divisés pour permettre une très grande étendue de réglage précis de la tension correspondant aux différents états de charge du réseau.

Le schéma adopté, prévoyant la mise en parallèle des groupes sur la haute tension des transformateurs, doit, à mon avis, permettre de ne pas munir de bobines de choc les connexions de sortie des alternateurs.

Les constructeurs nous diront jusqu'à quel point ces considérations sont fondées.

De toute façon, ces bobines seraient facilement logées dans le sous-sol de la salle des machines, à proximité immédiate des bornes des alternateurs.

Le point neutre des alternateurs sera mis à la terre par l'intermédiaire d'une self-induction à noyau de fer, ou une grande résistance métallique.

Tableau a basse tension. — Le tableau à basse tension sépare la salle des turbo-alternateurs du poste de transformation.

L'alternateur est relié à son disjoncteur par des câbles armés très soigneusement isolés et essayés après pose à une tension au moins triple de la tension maximum de service.

Les disjoncteurs dans l'huile sont très largement dimensionnés et logés dans des cellules en béton armé complètement fermées.

L'avant de ces cellules donne dans un couloir ouvert et se trouve fermé par une porte s'ouvrant en dehors, protégeant les appareils en cas d'explosion de l'un d'eux, les gaz et les fumées se répandant dans le couloir d'évacuation.

Les conducteurs traversent les cloisons des cellules par des isolateurs de traversée, le principe de cellules hermétiques, sauf la porte donnant dans le couloir, étant absolu.

Le fond de la cellule est en cuvette et communique par un tuyau direct et de forte section avec l'égout pour l'évacuation rapide de l'huile en cas d'explosion de disjoncteurs et d'avarie aux cuves.

En dérivation sur chaque arrivée d'alternateur, on branche un jeu de soupapes genre Giles.

A l'étage de ce local, sont installées les barres accessoires et les doubles jeux de sectionneurs permettant de connecter les alternateurs directement avec leur transformateur ou avec les barres accessoires et un transformateur quelconque ou les transformateurs de service intérieur.

Poste de manœuvre. — Face à ces panneaux de sectionneurs avec vue sur la salle de machines, se trouve le poste de manœuvre avec généralement : un panneau pour chaque groupe excitatrice, alternateur, transformateur, un panneau pour les feeders à haute tension, un panneau pour les transformateurs, un panneau pour le couplage des barres à haute tension, etc., et permettant la commande à distance de tous les disjoncteurs haute et basse tension.

A ce point, sont ramenés tous les appareils-indicateurs ou enregistreurs : position des disjoncteurs, température de l'huile des transformateurs et des disjoncteurs, indicateurs de circulation d'eau et d'huile, indicateurs de terre, etc.

Transformateurs. — Les plots d'un des côtés des sectionneurs basse tension sont réunis à un ou plusieurs câbles armés souterrains connectés par des spires formant bobines de réactance aux bornes primaires des transformateurs.

Ceux-ci sont logés dans des cellules hermétiques ouvrant par un rideau ou des portes en tôle sur la façade du poste et dont le fond en cuvette communique avec l'égout. Leur refroidissement est assuré par circulation de l'huile dans un réfrigérant à ruissellement placé à l'extérieur du poste, en face de la cellule correspondante.

Les transformateurs sont triphasés et ont leurs secondaires bobinés pour 45 000, 60 000, 75 000, 90 000 et 120 000 v suivant les caractéristiques des régions à des-

Digitized by Google

servir, et les bornes haute tension sont comme celles à basse tension munies de spires formant bobines de réactance intercalées dans les connexions.

TABLEAU A HAUTE TENSION. — Ces connexions sont toutes établies en tubes de laiton, permettant d'obtenir une grande rigidité, et, par suite, d'écarter les supports en diminuant leur nombre.

Derrière chaque transformateur, se trouve le disjoncteur haute tension qui le protège et avec lequel il communique par des isolateurs de traversée. Ces disjoncteurs unipolaires sont logés, comme les disjoncteurs des alternateurs, dans des cellules complètement étanches, avec une ouverture fermée par une porte à ressort, s'ouvrant en dehors dans le couloir à dégagement.

Les disjoncteurs des lignes de départ et celui de couplage des deux jeux de barres ont la même disposition.

Ces deux jeux de rails sont placés au premier étage au-dessus des disjoncteurs.

Toute la partie de cet étage surmontant les cellules de transformateurs est occupée par les appareils de protection du réseau à haute tension, qui, à mon avis, consistent en parafoudres électrolytiques branchés directement sur les lignes et en bobines de réactance monophasées à noyaux de fer, branchées entre les barres et la terre.

Les sorties de lignes sont faites par des isolateurs de traversée inclinés, placés sous auvent de protection.

La protection de cet ensemble devrait être complétée par un extincteur d'arc à la terre composé d'interrupteurs à huile branchés entre le sol et les barres et commandés par un relais agissant dans le cas où les tensions du réseau se trouvent déséquilibrées par suite d'une terre sur une phase.

Cet appareil, dont nous reparlerons dans le cas des distributions à moyenne tension, n'a cependant pas encore, à ma connaissance, été employé dans des installations à très haute tension, et sa mise au point dans ce cas serait intéressante.

Ces dispositions se trouvent condensées dans les coupes et plans de la figure 2, qui montrent qu'on peut ainsi arriver à adopter un bâtiment très simple et assez réduit comme dimensions et, par conséquent, comme prix de revient, et donnant une sécurité et facilité de manœuvre plus grandes qu'avec les postes en plein air très employés actuellement dans les installations modernes américaines et qu'il est question d'introduire dans des installations françaises dans les Pyrénées.

En cas d'extension, ou de changement des programmes de distribution, l'allongement de la centrale est très facile, par l'addition de tranches comprenant ou des transformateurs, ou des feeders à haute tension, suivant les projets.

(*A suivre.*)

L. CONGE,
Ingénieur-électricien.

Les lignes téléphoniques aux États-Unis [1]

Nous reproduisons ci-dessous une très intéressante conférence faite le 12 octobre 1917 par M. Valensi à l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes et qui a déjà été publiée par notre confrère « Les Annales des Postes et Télégraphes ». L'auteur étudie les lignes téléphoniques aux Etats-Unis d'Amérique, leur construction, l'emploi des câbles aériens et les différentes méthodes employées pour la localisation des défauts.

Les lignes téléphoniques américaines sont établies de trois façons différentes : en fil nu aérien, en câble sous plomb aérien, en câble sous plomb souterrain.

Nous parlerons, un peu plus en détail, par la suite, des lignes en câbles aériens, à cause de l'intérêt que ce type de construction présente, de l'avenir qui lui est réservé, et aussi parce que la question est nouvelle en France puisque le câble sous plomb aérien n'est pas un type de ligne utilisé dans notre pays.

Donnons d'abord quelques indications sur les lignes aériennes ordinaires en fil nu et sur les lignes souterraines des Etats Unis.

I. — **Lignes aériennes.** — Les lignes aériennes sont construites en Amérique sur poteaux de bois (le bois est très bon marché dans ce pays) avec des traverses en bois. Les traverses sont assujetties dans des entailles du poteau au moyen de boulons et sont supportées par deux entretoises fixées ensemble au poteau par une même vis et dessinant un V. Chacune de ces traverses porte en moyenne 10 tiges d'isolateurs (les isolateurs sont généralement en porcelaine avec double cloche et sont vissés sur leurs tiges). Ces tiges d'isolateurs sont clouées dans les traverses et sont en bois injecté à la créosote ou mieux à la paraffine blanche pure (suivant une méthode nouvelle). Les traverses sont injectées à la créosote. Les poteaux, quand ils sont injectés, le sont à la créosote.

Bien souvent, et même d'ordinaire, on se contente de peindre au carbolineum (ou carbonyle) le sommet et la base sur une longueur de 8 ou 10 pieds (3 m environ). On réserve les poteaux créosotés pour les endroits où le sol est humide et marécageux.

Les lignes américaines sont assez peu chargées. Les

[1] Conférence faite à l'École supérieure des Postes et Télégraphes, le 12 octobre 1917.

Digitized by Google

lignes en H, à 2 poteaux par appui, sont exceptionnelles. Généralement chaque appui est formé d'un seul poteau avec 4 ou 5 traverses au plus (ce qui fait 40 ou 50 fils). Les lignes en H, elles-mêmes, ne dépassent jamais une capacité de 80 fils. Les poteaux américains sont cependant, à longueurs égales, plus gros que les nôtres. Les jambes de force sont rares. Généralement les poteaux sont haubannés d'une façon régulière, tous les 5 ou 6 appuis, tout le long de la ligne et sont spécialement haubannés aux angles, l'extrémité inférieure du fil de hauban étant ancrée dans le sol : il y a différents procédés d'ancrage suivant la nature du sol.

L'anti-induction est réalisée au moyen de croisements effectués sur une longueur de 2 portées (comme pour les circuits français sur consoles en S courtes et longues). Les 2 fils d'un circuit ont sur les 3 poteaux consécutifs les positions suivantes (fig. 1).

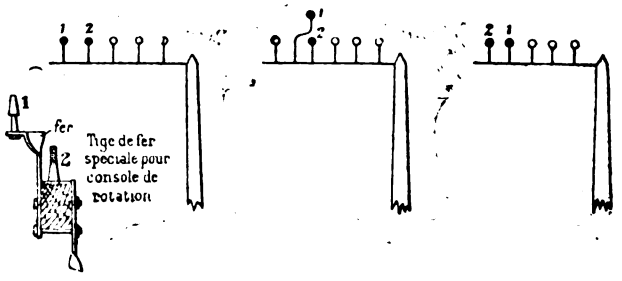


Fig. 1. — Dispositif américain d'anti-induction.

Les lignes téléphoniques sont généralement établies le long des routes, ce qui facilite beaucoup leur construction et leur entretien en permettant l'emploi de camions automobiles et de bicyclettes. Il est vrai que les routes d'Amérique ne sont en général pas plantées d'arbres sur leurs bords comme les routes françaises et que, la propriété n'étant pas morcelée comme chez nous, le nombre des chemins de traverses, au-dessus desquels les lignes doivent être plus élevées qu'ailleurs, est relativement faible.

Enfin, bien souvent, les lignes américaines ne suivent même pas les routes et traversent franchement les champs et les propriétés privées : cela se fait chaque fois que la Compagnie téléphonique a intérêt à le faire.

II. — **Lignes en câbles souterrains**. — Les câbles américains souterrains urbains ou interurbains sont établis dans des conduites de type multicellulaire, généralement en tuile ou en grès, quelquefois en bois créosoté ; les conduites sont très rarement en tuyaux de fonte ou de fer. Les éléments de conduites de tuile ou de grès ont généralement les sections suivantes qui permettent de réaliser en les superposant ou en les juxtaposant des conduites à 10, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 21, 24, 27, 28, 30, 32 et 36 voies (fig. 2).

Ces conduites sont posées généralement sur un lit de béton et sont recouvertes ensuite d'une autre couche de béton protectrice

Les joints sont enveloppés d'une étoffe de lin et recouverts ensuite d'une couche de mortier spécial d'un demi-pouce (12 mm d'épaisseur).

Quand il est impossible de trouver dans le sol une fondation suffisamment solide pour la conduite, on l'entoure complètement d'un gaine de béton dont la partie inférieure peut même être armée de tiges de fer.

Les conduites de bois créosoté sont constituées par des éléments parallélipipédiques de bois creusés chacun d'une cavité cylindrique centrale. Ces éléments à section carrée peuvent être juxtaposés et superposés en nombre suffisant pour réaliser le nombre de voies voulu. Ils

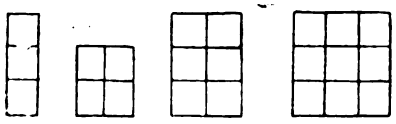


Fig. 2.. — Différentes sections des conduites de tuile ou de grès utilisées aux Etats-Unis.

sont posés directement au fond de la tranchée à moins que le sol ne soit trop meuble (cas du sable ou de l'argile, par exemple). Dans ce cas on place au fond de la tranchée une planche de bois créosoté (épaisse de 3 cm environ). Les conduites reposent sur cette planche et sont elles-mêmes recouvertes d'une autre planche protectrice de bois créosoté analogue à la planche inférieure.

Les conduites de fonte ou de fer, assez rarement employées aux États-Unis, sont généralement noyées dans le béton.

Pour la réparation d'une section de conduites de tuile ou de grès endommagée, on emploie avec succès des conduites multicellulaires à quatre ou à six voies dont les éléments sont coupés en trois tronçons dans le sens de la longueur (parallèlement aux axes des cellules) (fig. 3 *a* et 3 *b*). On dispose les tronçons inférieurs sur toute

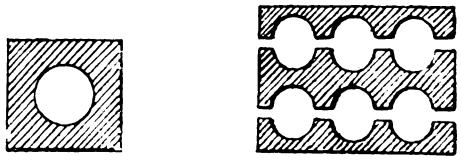


Fig. 3 *a*. Conduite de bois créosoté. — Fig. 3 *b*. Conduite multicellulaire pour la réparation de conduites de tuile ou de grès.

la longueur de la section à réparer, ce qui dessine trois rigoles parallèles. On place sur elles une planche sur laquelle on dispose les câbles de la première couche afin de les redresser en vue de leur insertion dans les rigoles formées par les tronçons inférieurs des conduites. On fait glisser la planche et l'on place progressivement les câbles une fois redressés dans ces rigoles. Cela fait, on dispose les tronçons intermédiaires des conduites, ce qui ferme les trois voies inférieures, et l'on redresse et insère les câbles de la deuxième couche de la même façon que précédemment en utilisant une planche. Enfin l'on place les tronçons supérieurs, ce qui complète les éléments de conduite et l'on referme la tranchée. Les

Digitized by Google

génératrices de contact entre les différents tronçons de ces conduites multicellulaires sont souvent recouvertes de mortier de ciment afin d'assurer l'étanchéité de ces conduites.

Les chambres de tirage et les trous d'homme n'ont en Amérique rien de particulièrement intéressant à signaler.

Les câbles américains sont pleins, sans circulation d'air. L'épaisseur du papier isolant est beaucoup plus grande que dans nos câbles afin de laisser entre ces conducteurs une distance suffisante pour ne pas avoir, bien qu'il n'y ait aucun vide dans le câble, une capacité trop grande entre les deux fils d'un circuit téléphonique. Les diamètres des conducteurs des câbles urbains sont extraordinairement petits : un câble, dont un tronçon nous fut offert par M. Carty, n'a pas plus de 6 cm de diamètre et contient 2 400 fils (1 200 paires).

Les câbles interurbains nouvellement posés aux États-Unis ont également des conducteurs de diamètre relativement faible (les plus gros, dès maintenant, ont au plus 1,5 mm ou 2 mm). Ceci est possible, car on utilise sur ces câbles à la fois une forte pupinisation et des relais téléphoniques en nombre suffisant.

Les câbles américains n'étant pas à circulation d'air, la localisation des dérangements ne peut se faire que par des méthodes électriques et les mesures de localisation doivent être précises. Il y a, dans les bureaux de tous les grands centres téléphoniques, des tables d'essai qui servent uniquement aux mesures sur les câbles urbains ou interurbains.

Les câbles urbains, aussitôt que leur longueur dépasse 5 km, sont pupinisés; il en est de même des câbles entre les guérites des lignes aériennes et les bureaux téléphoniques (toll entrance cables) ou des sections souterraines urbaines de lignes aériennes.

La pupinisation, comme toute chose dans l'exploitation téléphonique américaine, est standardisée, c'est-à-dire qu'on ne calcule plus de câbles pupinisés; on choisit, chaque fois, parmi un petit nombre de types définitivement consacrés, celui qui répond le mieux aux besoins à satisfaire.

Pour les câbles téléphoniques interurbains, il y a trois types de pupinisation : forte, moyenne et faible. En passant du premier au troisième, la réactance de chaque bobine diminue et la distance entre deux bobines consécutives augmente.

Pour les câbles urbains, entre les bureaux et les guérites de lignes aériennes, il y a deux types de pupinisation.

Les sections souterraines urbaines de lignes aériennes pupinisées reçoivent une pupinisation extraforte qui donne aux paires du câble une impédance caractéristique voisine de 2 000 à 2 200 ohms (impédance caractéristique des lignes aériennes pupinisées).

Les sections souterraines urbaines de lignes aériennes non pupinisées reçoivent au contraire une pupinisation extra faible qui donne aux paires du câble une impédance caractéristique de 600 à 800 ohms (impédance caractéristique de lignes aériennes non pupinisées).

Le réseau des câbles téléphoniques interurbains d'Amérique, déjà très important, s'accroît constamment. Il comporte de nombreux câbles souterrains, mais aussi de nombreux câbles aériens. On ne construit plus de lignes aériennes en fil nu dans l'est de l'Amérique, pays très peuplé et déjà riche en communications téléphoniques. Par contre, on étudie en ce moment et on commence même à établir un réseau nouveau de câbles téléphoniques aériens destiné à relier les principales villes des États de l'Est et du Centre.

En effet, le câble aérien, sur lequel nous allons maintenant donner quelques indications plus détaillées, présente de nombreux avantages.

III. — **Lignes en câbles aériens.** — Les lignes en câbles aériens sont d'une construction et d'un entretien très faciles.

Elles présentent sur les lignes souterraines l'avantage de n'exiger aucun frais de terrassement. L'établissement de tranchées est une entreprise coûteuse, surtout si l'on ne doit pas poser sur le même chemin plusieurs câbles à la fois; l'établissement de chambres de tirage et de trous d'homme entraîne également des travaux de terrassement et de maçonnerie coûteux. Le câble aérien qui se pose sur poteaux (de bois, de fer ou de béton) ne nécessite aucun travail de ce genre.

Les lignes en câbles aériens sont également plus faciles à construire que les lignes aériennes ordinaires en fil nu de même nombre de conducteurs, lesquelles exigent des soins spéciaux pour les rotations et les réglages de la tension des fils. D'autre part, le câble aérien leur est bien préférable au point de vue de l'entretien. A ce point de vue le câble aérien peut même être avantageusement comparé au câble souterrain : sans doute il est moins abrité que ce dernier contre les orages et les tempêtes qui peuvent, dans des cas d'ailleurs exceptionnels, briser un des appuis de la ligne en câble aérien; par contre, le câble aérien est d'un accès infiniment plus commode que le câble souterrain, et, en cas de dérangement, il n'y a aucune tranchée à ouvrir pour le réparer : il suffit d'accrocher, comme nous le verrons ultérieurement, une échelle de bois au toron de soutien du câble et à grimper sur cette échelle pour faire le raccord et les soudures nécessaires.

Enfin, et surtout, le câble aérien peut être mis complètement à l'abri de l'électrolyse, ce qui est important quand la ligne doit longer des voies de tramways.

Par conséquent, le câble aérien offre, au double point de vue de la construction et de l'entretien, un procédé économique pour l'établissement d'un vaste réseau téléphonique décrivant sur tout le territoire d'un pays de nombreux détours avec nombreux recoupements afin de desservir toutes les villes importantes et de ménager des voies de secours en cas de dérangement sur un des tronçons du réseau.

Le câble aérien permet, par exemple, d'établir économiquement trois liaisons par câbles entre les villes A et B par trois chemins différents passant par les villes C, D et E. Ce procédé serait ruineux si l'on se

Digitized by Google

plaçait en souterrain, car il exigerait des kilomètres de tranchées.

Au point de vue de l'exploitation téléphonique, il présente cependant une flexibilité très avantageuse. Si l'on établit en plus une ligne transversale en câble aérien suivant le chemin C, D, E, voilà réalisé, avec quatre câbles seulement, un réseau téléphonique desservant cinq villes (fig. 4).

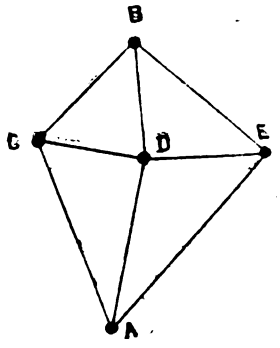


Fig. 4.

Les Américains utilisent dans leurs lignes en câbles aériens des poteaux de bois, car le bois n'est pas cher dans ce pays. Ceci réduit un peu la vie de ces lignes, ou bien encore complique un peu leur entretien, car il faut sonder périodiquement les poteaux et les remplacer quand ils deviennent défectueux. Mais dans nos pays, où le bois coûte cher, on pourrait fort bien envisager, s'il était question d'introduire chez nous le câble aérien, des poteaux de ciment armé dont la technique a réalisé ces temps-ci d'intéressants progrès. Le béton de ciment qui convient mal à la constitution d'appuis pour lignes aériennes en fil nu à nombreux conducteurs à cause de la difficulté d'armement des consoles ou traverses ne présente plus cet inconvénient lorsqu'il s'agit de câble aérien n'exigeant qu'une attache au poteau.

Les lignes en câble aérien comportent des *poteaux*, *un toron de soutien* auquel le câble est accroché au moyen d'anneaux ou de *bagues en fer galvanisé* et des *boulons comportant des mâchoires à gorges en fer galvanisé* qui servent à fixer le toron de soutien aux poteaux. Il y a d'ordinaire 1 ou 2 câbles sur une même ligne de poteaux, les 2 câbles étant de part et d'autre du poteau. Quelquefois un câble est simplement fixé aux appuis d'une ligne aérienne en fil nu dont les conducteurs sont assez peu nombreux pour que la ligne puisse supporter en plus la charge du câble.

Le toron de soutien, qui est constitué par plusieurs brins d'acier (ou de fer) toronnés ensemble, est fourni par des bobines de longueur aussi grande que possible, eu égard au transport et à la manutention : généralement par longueurs d'un mille (1 609 m) aux États-Unis.

Les poteaux étant plantés le long de la route que doit suivre la ligne en câble, des camions automobiles apportent les bobines de toron de soutien et on déroule celui-ci sur le sol en même temps qu'une cordelette assez fine (de l'épaisseur du petit doigt) qui servira au tirage du câble. Les longueurs consécutives de toron de soutien sont réunies bout à bout au moyen de coquilles annulaires analogues à celles que l'on utilise entre le fil d'un hauban et son ancre, ou au moyen d'olives en fer à doubles cavités qu'on appelle « strand connectors ». Les extrémités recourbées du toron, de part et d'autre des coquilles ou de l'olive, sont assujetties sur le toron au moyen de mâchoires serrées par des boulons.

On assure ainsi la continuité du toron tout le long de la ligne et l'on fixe ensuite ce toron sur les poteaux en enserrant entre les mâchoires des boulons à gorge, lesquels sont munis au besoin de consoles de renforcement et de brides de sécurité dans le cas de câbles particulièrement lourds.

Aux poteaux d'angles, on dispose souvent une spire de toron d'acier autour du poteau, les extrémités de cette spire, en tirant sur le toron de soutien, brisent les côtés de l'angle aigu que formerait ce toron et lui donnent ainsi un tracé de ligne brisée sans angle vif (fig. 5).

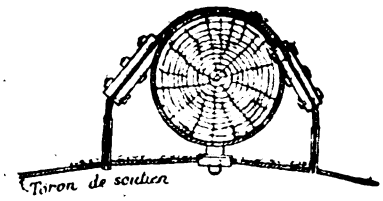


Fig. 5. — Poteau d'angle d'une ligne en câble aérien.

Le toron de soutien est posé très tendu avec une flèche qui, aux températures moyennes, ne dépasse pas 1 m pour des portées de 30 m ; la tension est donnée par des moufles de gros modèle.

Pour mesurer cette tension les Américains n'emploient généralement aucun dynamomètre. Ils se contentent : 1° de mesurer la flèche ; 2° d'entendre le bruit que fait le toron de soutien tendu lorsqu'on le frappe avec une perche. Ces deux données et l'expérience acquise leur permettent d'évaluer approximativement pendant la pose la tension donnée au toron de soutien.

Pour porter les câbles usuels, on emploie des torons d'acier (ou de fer) galvanisé capables de supporter, sans aucun danger de rupture, des efforts de traction de 6 000, 10 000 et 16 000 lbs (lb = livre anglaise ou 453 g, un peu moins que la livre française). Le toron de soutien de 16 000 lbs, par exemple, présente un facteur de sécurité de 2 par un vent transversal de 70 miles à l'heure (115 km à l'heure), avec une couche de glace d'un demi-pouce d'épaisseur (12 mm) et un câble suspendu de gros diamètre (câble pesant 8 livres par pied, 4 kg pour 30 cm et ayant 2 pouces 5/8 de diamètre, 16 cm de diamètre).

L'extrémité du toron est amarrée au poteau tête de ligne, lequel est fortement haubanné.

Lorsque le toron de soutien est fixé aux poteaux, on lui suspend des petits chariots qui glissent sur le toron au moyen de poulies et sur lesquels prennent place les ouvriers chargés d'accrocher au toron les bagues destinées à supporter le câble. Les ouvriers déplacent leur siège, le long du toron, au fur et à mesure que leur travail progresse, en tirant, latéralement sur le toron. En accrochant les bagues, ils prennent soin de passer dans ces bagues la fine cordelette qui avait été déroulée sur le sol en vue du tirage du câble.

Il y a deux types de bagues : l'ancien type dont on

Digitized by Google

pinçait les extrémités recourbées autour du moyeu d'une pince spéciale afin d'assujettir solidement la bague et de l'empêcher de glisser sur le toron. Ceci avait l'inconvénient de faire craquer quelquefois la couverte galvanique de la bague. Le nouveau type de bague, à cause de sa construction même, forme ressort et presse de lui-même contre le toron de soutien sur lequel il ne glisse jamais.

Lorsque les bagues sont placées, on attache à l'extrémité de la fine cordelette de chanvre une corde d'acier flexible épaisse d'un demi-pouce environ (12 mm) ou à défaut une corde ordinaire de un pouce d'épaisseur (25 mm). Puis on enlève le plomb sur une vingtaine de centimètres à l'extrémité du câble et on ligature les bouts des conducteurs de cuivre et l'extrémité de la corde d'acier flexible. On recouvre cette ligature d'une tresse noire graissée, afin de donner au raccord une épaisseur très régulièrement croissante et de réaliser une forme de cône sans bourrelet (fig. 6).

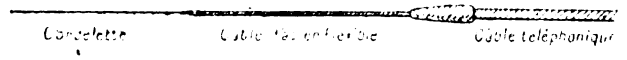


Fig. 6. — Raccord du câble téléphonique au câble d'acier servant au tirage.

Supposons alors qu'on veuille poser la section de A. B.

On suspend au toron, au point A, une poulie en bois dans la gorge de laquelle on engage la corde d'acier à laquelle est attaché le câble (fig. 7).

L'extrémité B de la cordelette, passant sur une poulie de bois analogue placée au sommet du poteau B et sur

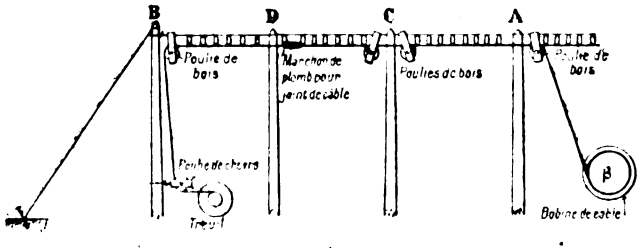


Fig. 7. — Tirage d'un câble aérien.

une poulie de chèvre disposée à la base du poteau B, est amarrée à un treuil ou à défaut au camion automobile. On tire sur cette cordelette, ce qui fait glisser le câble dans les bagues, tandis que ce câble est graissé par un ouvrier au pied du poteau A. Au fur et à mesure que la bobine de câble se déroule, un autre ouvrier surveille le déroulage de la bobine de câble et le règle au moyen d'un frein. Pour le graissage du câble on employait du savon, mais comme ce produit est devenu cher, on emploie maintenant une graisse minérale analogue à celle qui sert pour le graissage des machines.

Au poteau C, où la ligne fait un angle, on suspend au toron de soutien, de part et d'autre du poteau, 2 poulies de bois sur lesquelles le câble peut franchir l'angle sans à-coup.

Au poteau D où une dérivation doit être faite sur le câble, on fait passer la fine cordelette à travers le manchon de plomb destiné au joint qui sera fait en ce point.

Les joints de câble aérien sont faits comme tous les joints de câble aux États-Unis, c'est-à-dire les épissures sont aspergées de paraffine liquide (pas trop chaude pour ne pas brûler le papier), puis recouvertes d'une tresse et enfin d'un manchon de plomb soudé aux deux bouts à l'enveloppe du câble.

Les joints ne sont pas suspendus au toron au moyen de bagues comme le reste du câble, mais au moyen de corde goudronnée de 4 ou 5 mm de diamètre (corde Marline). La corde Marline est utilisée en double. On fait quatre tours de double corde autour câble et du toron de soutien, puis l'on noue, entre le câble et le toron (fig. 8).

Un joint de câble est supporté au moyen de corde Marline de la manière représentée sur la figure 8.

La pose des câbles aériens est une opération très

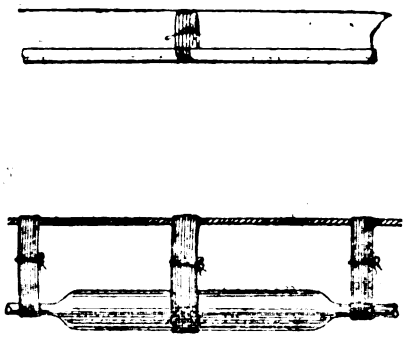


Fig. 8. — Suspension d'un joint de câble.

rapide. Un câble interurbain lourd, comportant par exemple 80 conducteurs (40 paires), peut être posé par une équipe de 10 hommes et un chef d'équipe à une vitesse de 3 miles (4 à 5 km) par journée de huit heures de travail, sans compter la confection des joints. Un ouvrier soudeur, avec un aide, fait un joint sur un tel câble en une heure et demie. Les bobines de gros câbles ayant généralement des longueurs de câbles égales à 500 pieds (200 m), il y a 24 bobines pour 3 miles, donc 24 joints à faire.

Ces nombres prouvent clairement que les lignes en câble aérien sont plus faciles et plus rapides à construire que les lignes en fil nu de même nombre de conducteurs et que les lignes souterraines utilisant le même câble.

Le câble aérien se termine toujours à une boîte de raccordement (en bois ou en fer). Les précautions prises aux raccords varient aux États-Unis suivant les régions. Dans l'Ouest, par exemple, au raccord entre les câbles aériens et les câbles souterrains, les Américains disposent sur chaque conducteur simplement un fusible de 7 A. Cela constitue surtout une protection contre les gros courants capables de causer des incendies. Au raccord entre un câble aérien et une ligne aérienne en fil nu (ligne de longueur supérieure à 1 km, soit 20 à 30 portées), ils disposent sur chaque conducteur un

Digitized by Google

paratonnerre à charbon et mica, et, si la ligne aérienne est une longue ligne interurbaine (cas des circuits téléphoniques interurbains), ils placent également un fusible de 7 A sur chaque conducteur; s'il s'agit au contraire de lignes d'abonnés, les paratonnerres sont jugés suffisants (un fusible étant situé à proximité chez l'abonné, puisque les lignes d'abonnés ne sont jamais bien longues).

Dans l'est de l'Amérique, aux raccords entre câble aérien et câble souterrain, on dispose une boîte de raccordement (cross-connecting box) comportant également un fusible de 7 A sur chaque conducteur et pas de paratonnerre.

Aux raccords entre un câble aérien et une ligne aérienne en fil nu (quelle que soit cette ligne : circuits téléphoniques et lignes d'abonnés), on dispose souvent une boîte de raccordement comportant sur chaque conducteur un paratonnerre à cuivre et mica et pas de fusible. Ce paratonnerre à cuivre et mica ne diffère du paratonnerre à carbone et mica que par la substitution aux blocs de carbone de blocs de cuivre de même forme. Ce type de paratonnerre est utilisé lorsque l'on veut éviter d'avoir à nettoyer les blocs entre lesquels se fait la décharge atmosphérique.

Tous les dix poteaux environ, le câble est réuni électriquement au toron de soutien au moyen de rubans de cuivre, soudés à l'enveloppe de plomb du câble et fortement serrés contre le toron de soutien. Ces liaisons électriques sont destinées : 1° à éviter toute électrolyse entre le plomb du câble et le fer des bagues, ces deux métaux différents juxtaposés tendant à créer un couple électrolytique; 2° à éviter toute étincelle entre le plomb du câble et les bagues, ce qui pourrait se produire en cas de décharge atmosphérique s'il n'y avait pas une bonne liaison métallique entre ces deux conducteurs électriques.

Le toron de soutien est généralement mis à la terre, tous les miles environ, au moyen de conducteurs descendant, le long des poteaux, entre les boulons à gorge soutenant le toron et le sol. Cependant quelquefois, dans l'est de l'Amérique par exemple, l'on tient au contraire la masse métallique constituée par le toron de soutien et le plomb du câble soigneusement isolée du sol sur les sections longeant les rails de tramways par exemple, grâce aux précautions suivantes : 1° on intercale aux deux bouts du toron de soutien (à 60 cm avant chacun des poteaux extrêmes) un isolateur en grès en forme d'olive à deux cavités; de même sur chaque ligne de hauban, entre son amarrage au poteau et son ancrage au sol, on intercale aussi un tel isolateur; 2° aux deux extrémités de la section qu'on se propose de tenir isolée on réalise les joints de câble de la façon suivante :

On enrubanne au moyen de tresse isolante une des extrémités de l'enveloppe de plomb jusqu'à ce que l'on obtienne une épaisseur finale exactement égale au diamètre intérieur du manchon de plomb destiné à la coupure (fig. 9).

On fait glisser ce manchon en le forçant à recouvrir le guipage de tresse — puis l'on finit le joint avec du plomb, comme d'habitude, au point B — et avec de la tresse goudronnée (analogue à la composition appelée « chatterton ») au point A.

La continuité électrique de l'enveloppe de plomb du câble se trouve ainsi brisée au point A, de même que la continuité électrique du toron de soutien est brisée en ce même point grâce à l'isolateur de grès intercalé.

Evidemment, au point de vue des dangers de contact

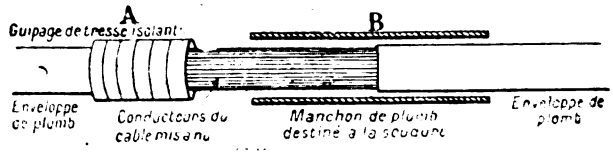


Fig. 9. — Joint spécial à l'extrémité d'une section de câble exposée à l'électrolyse.

avec des fils d'énergie, le câble dont l'enveloppe est à la terre, présente plus de sécurité que l'autre, car en cas de contact, un court-circuit franc se produit pour le courant de l'usine, ce qui provoque le déclanchement du disjoncteur à cette usine.

Par contre, dans les pays où les tramways sont nombreux, où le sol est parcouru par de nombreux courants parasites (surtout par des courants continus de retour des rails de tramways aux usines génératrices), ces prises de terre donnent aux courants vagabonds accès à l'enveloppe du câble aérien qui court ainsi les mêmes risques d'électrolyse que les câbles souterrains.

Disons un mot de l'entretien des câbles aériens. Les câbles aériens américains, comme tous les câbles américains, sont compacts : il n'y aucun intervalle entre les différents conducteurs isolés au papier et aucun soufflage d'air n'est possible. Les joints eux-mêmes, emplis de paraffine, sont extrêmement compacts et constitueraient à eux seuls un obstacle infranchissable pour le courant d'air soufflé. C'est le système des cloisons étanches qui présente d'ailleurs cet avantage de réduire à une section limitée par deux joints successifs la zone soumise à l'humidité pénétrant par une piqûre du plomb.

Les seuls procédés de localisation des défauts, dans l'enveloppe de plomb, ou dans l'isolant en papier des conducteurs, ne peuvent donc être que des procédés électriques.

On emploie d'abord un pont en courant continu avec galvanomètre et pile, disposé soit à la table d'essai du bureau central auquel aboutit le câble, soit dans une boîte transportable, lorsque l'on veut faire ces mesures à partir d'une boîte de raccordement ou d'un joint quelconque le long du câble.

On utilise également un vibrateur (comme source de courants alternatifs) qu'on raccorde à une extrémité du câble et un détecteur constitué par un récepteur téléphonique raccordé à une bobine d'induction. La bobine, longue de 10 cm et large de 4 cm, a une face concave qui peut s'appliquer contre l'enveloppe du câble. Nous verrons plus loin l'utilisation de cette bobine et de ce vibrateur.

Digitized by Google

Les dérangements qui affectent d'ordinaire un câble sont les suivants :

1° *Terre franche* sur 1 ou 2 conducteurs. — On localise cette terre avec autant de précision que possible au moyen d'une mesure au pont en courant continu faite à la table d'essai du bureau central.

Puis on raccorde un des pôles du vibrateur (également placé au bureau central) à l'enveloppe de plomb du câble et l'autre pôle au fil affecté d'une terre ou aux 2 fils affectés d'une terre, pris tous deux en parallèle. L'ouvrier soudeur chargé de réparer le câble parcourt alors la ligne avec sa bobine exploratrice et son récepteur téléphonique (fig. 10).

Tous les 5 poteaux environ, l'ouvrier monte au poteau, applique sa bobine contre le câble et écoute dans son

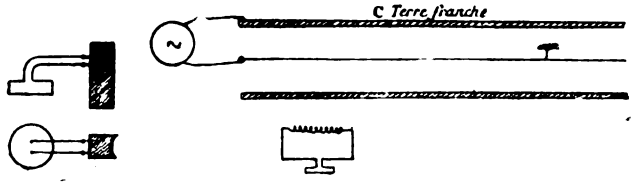


Fig. 10. — Recherche d'une terre franche.

récepteur. Tant qu'il n'a pas dépassé le point C où se trouve la terre sur le fil mauvais, il entend bien le courant vibré dans son récepteur ; aussitôt qu'il a dépassé le défaut, le bruit est faible ou nul. Quand il a localisé le dérangement entre deux points séparés ainsi par l'intervalle de 5 portées, l'ouvrier soudeur parcourt cet intervalle avec sa bobine exploratrice en se déplaçant le long de la ligne au moyen de son chariot à poulies glissant sur le toron de soutien. L'ouvrier soudeur ouvre ensuite l'enveloppe à l'endroit du défaut, change l'isolant du fil mauvais, verse de la paraffine sur la portion des conducteurs mise à nu et referme l'enveloppe de plomb.

2° *Cas d'une paire de conducteurs court-circuitée.* — On la localise également par une mesure au pont. On peut également utiliser le vibrateur pour l'exploration du câble en raccordant cette fois ses deux pôles aux deux

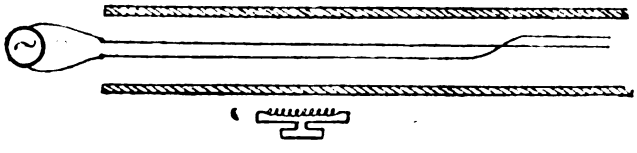


Fig. 11. — Recherche d'un mélange.

conducteurs de la paire court-circuitée et non plus au plomb du câble (fig. 11).

3° *Cas d'un mélange entre deux ou plusieurs paires.* — On utilise également le pont, ou le vibrateur raccordé à 2 des fils mêlés.

4° *Cas d'une faible perte générale, d'un mauvais isolement général.* — C'est le dérangement le plus difficile à localiser. On ne peut plus utiliser le vibrateur qui troublerait dans ce cas tous les conducteurs du câble et ne décèlerait rien franchement. On doit se contenter de faire des mesures au pont aussi précises que possible, au bureau central et en différents points de la ligne (boîtes de raccordements, sectionnements de tous genres).

5° *Conducteur interrompu.* — Circuit ouvert. — On mesure à partir du bureau central avec un pont en courant alternatif la capacité entre plomb et fil du conducteur interrompu. Comme on connaît la capacité d'une longueur complète de conducteur, on en déduit par une règle de trois la distance entre le bureau central et la rupture du fil interrompu.

Quand le défaut a été trouvé, sa réparation est très rapide puisque le câble est très facilement accessible. Il n'y a pas de tranchée à ouvrir comme dans le cas de câble souterrain.

On accroche simplement au toron de soutien à l'endroit du défaut une échelle légère ou, si la réparation doit être assez longue, une plate-forme amarrée au sol par des cordes, plate-forme utilisée également pendant la construction de la ligne en câble pour faire les joints. L'ouvrier soudeur s'installe sur cette échelle ou sur cette plate-forme et fait confortablement son joint (fig. 12).

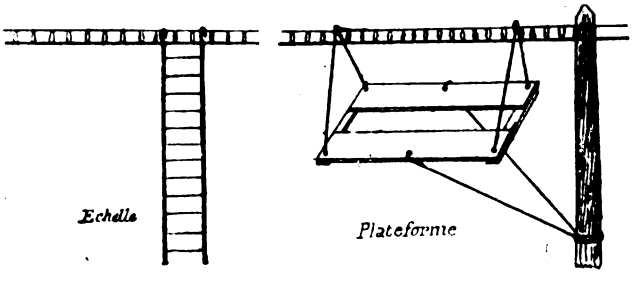


Fig. 12. — Échelle et plate-forme permettant de faire la soudure d'un câble interrompu.

Aucune ligne aérienne n'est donc d'entretien plus facile que les lignes en câble aérien.

Cette économie de construction et cette commodité d'entretien expliquent la vogue que le câble aérien a eue et a de plus en plus en Amérique où son emploi, déjà très répandu, s'étend encore davantage tous les jours.

G. Valensi,
Ingénieur des Télégraphes.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Comparaison des principaux genres de moteurs primaires au point de vue des frais d'exploitation (1).

L'auteur borne son étude aux moteurs de puissance inférieure à 500 ch parmi lesquels il distingue : 1° les moteurs à gaz pauvre (bois, coke, anthracite) 2° les moteurs à gaz de ville ; 3° les moteurs à huile lourde à haute pression ; 4° les Diesel ; 5° les machines à vapeur.

Les frais d'exploitation se décomposent en : 1° frais généraux (intérêt et amortissement du capital, assurances), 2° frais courants (combustible, graissage, eau, conduite, entretien, réparations, etc).

Les *frais généraux* totalisés (non compris les fondations et bâtiments extérieurs) sont représentés par les courbes de la figure 1. La capacité de surcharge a une grande

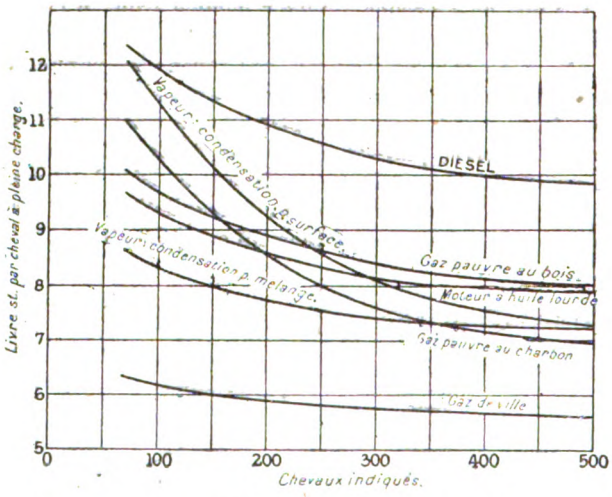


Fig. 1. — Frais généraux en fonction de la puissance.

importance tant au point de vue des frais généraux que des dépenses courantes. Elle doit être au maximum de 35 pour 100 de la puissance garantie pour les machines à vapeur, 15 pour 100 pour les moteurs à huile lourde et le Diesel, 10 pour 100 pour les moteurs à gaz. Les courbes de la figure 1 montrent que les surcharges sont surtout importantes aux faibles puissances. L'amortissement est calculé au taux de 8 pour 100 c'est-à-dire, pour un service de douze années et demie.

La *dépense en combustible* dépend de la courbe de charge journalière. Les courbes de la figure 2 donnent les valeurs relatives de ces dépenses par cheval-heure fourni pour la marche à pleine charge. Celles de la figure 3 montrent l'accroissement relatif de la consommation pour la marche à charge réduite (de 25 pour 100 à 100 pour 100 de la pleine charge). Il faut tenir compte aussi, pour les moteurs à vapeur et à gaz pauvre, de la fréquence et de la durée des arrêts : l'augmentation de consommation qui en résulte pour un travail effectif de 60 heures par semaine est d'environ 15 pour 100 pour le moteur à vapeur et 6 à 8 pour 100 pour le moteur à gaz pauvre. Il a été tenu compte de ce fait dans les diagrammes de la figure 4.

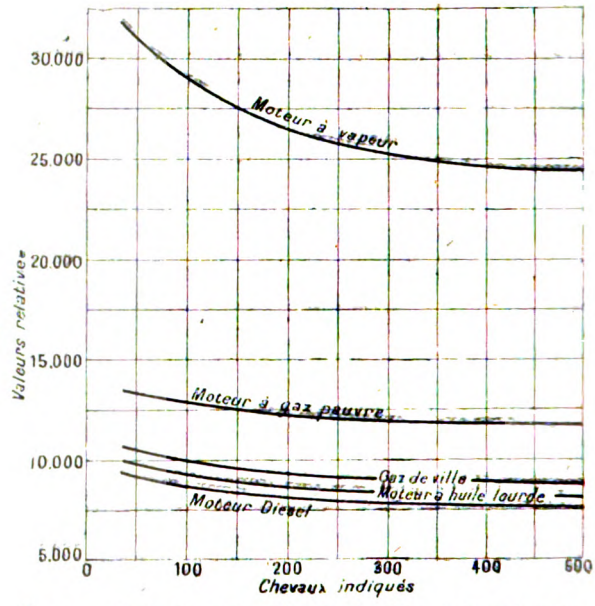


Fig. 2. — Frais de combustible en fonction de la puissance, à pleine charge.

Les *dépenses de graissage* varient pratiquement dans de très larges limites, même pour des machines semblables, suivant le service qu'elles assurent et la compétence du mécanicien. Il faut la calculer largement.

L'*eau* est parfois fournie gratuitement, il y a alors avantage à la rejeter à la rivière après emploi. Dans le cas contraire, on a intérêt à recourir à des appareils de refroidissement assez coûteux, permettant une récupération continue. Il faut tenir compte de leur amortissement.

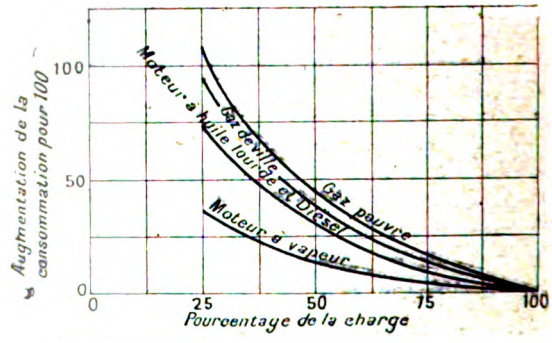


Fig. 3. — Consommation à diverses charges.

Les *frais d'entretien* comprennent les salaires du personnel (mécaniciens et manœuvres). Les courbes de la figure 4 ont été établies pour des salaires horaires de 0, 60 fr.

L'auteur propose les formules suivantes pour exprimer

(1) Wans. *Electrician*, 9 novembre 1917, n° 6, t. LXXX, p. 186-188, 3 400 mots, 4 fig. Extrait d'un rapport à l'Institution of Mechanical Engineers.

Digitized by Google

les frais d'entretien horaires (heures d'entretien par heure de service à pleine charge) :

Machines à vapeur et moteurs à gaz au bois.	0,8 + 0,0047 p. ch
Moteurs à gaz au coke et au charbon.....	0.6 + 0,0041
Moteurs Diesel et à huile lourde.....	0.3 + 0.0036
Moteurs à gaz de ville.....	0.2 + 0,0017

Ils seront, par exemple, de 1,27 kg par heure pour un

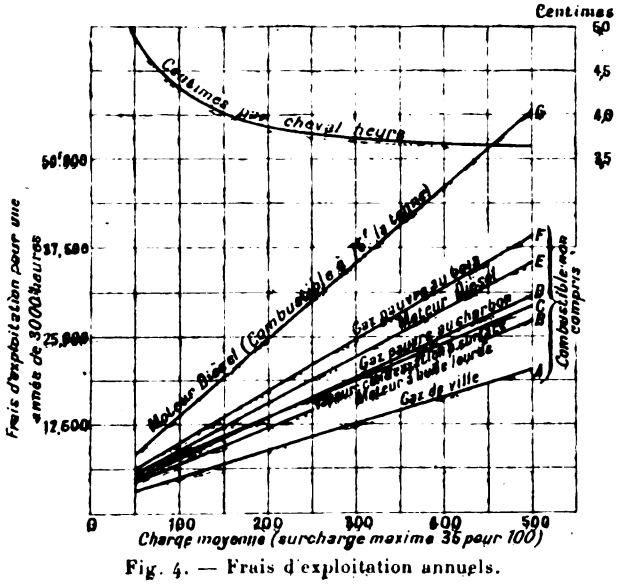


Fig. 4. — Frais d'exploitation annuels.

moteur de 100 ch à gaz pauvre au bois, et de 0,37 kg pour un moteur de 100 ch au gaz de ville.

Les frais de réparation doivent être largement calculés et prévoir tous les accidents qui ne sont pas couverts par les assurances. Ils s'élèvent en moyenne à 2 pour 100 du prix d'achat pour les machines à gaz et à pétrole. Mais il est prudent de les compter à 3 pour 100 pour ces machines et les Diesel, à 3 pour 100 du prix des machines et gazogènes pour les moteurs à gaz, et à 2,5 pour 100 du prix de l'installation complète pour les moteurs à vapeur. Ces chiffres ont servi à l'établissement de la figure 4.

Les courbes A à F de cette figure supposent que l'eau vaut 0,10 fr le mètre cube. La courbe G est celle d'un moteur Diesel dont le combustible vaudrait 75 fr la tonne. Pour comparer cette courbe aux autres, il faudrait ajouter à celles-ci les dépenses en combustibles qu'on peut évaluer en moyenne, pour des moteurs de 250 ch.

100 fr	la tonne pour les moteurs à huile lourde,
40 fr	pour les moteurs à gaz pauvre (anthracite),
30 fr	id. (coke),
12 fr	id. (bois),
90 fr	pour les moteurs à vapeur (condensation par surface),
0 fr 50	par mètre cube pour les moteurs au gaz de ville.

On voit que ces derniers ne sont intéressants que dans des cas assez restreints. Quand la puissance augmente, le prix du charbon augmente relativement plus vite que les autres frais, et la machine à vapeur vient concurrencer sérieusement le moteur à gaz de coke ou d'anthracite. Néanmoins, il est souvent possible, même pour des puissances supérieures à 500 ch, de réduire assez les frais de combustible pour que ces moteurs gardent leurs avantages.

Les moteurs à huile lourde occasionnent une dépense de combustible plus élevée que le Diesel (25 pour 100 environ). Mais leurs frais généraux, bien inférieurs, compensent largement cette différence.

Au prix de 75 fr la tonne pour l'huile de Diesel, correspondent ceux de 30 fr la tonne de charbon pour les moteurs à gaz pauvre et 15 fr pour les machines à vapeur de 250 ch, pour que les frais courants soient les mêmes La densité de l'huile lourde doit être d'au moins 0,95; les huiles plus légères sont trop coûteuses pour pouvoir lutter économiquement.

Les installations au gaz de bois sont certainement les plus économiques, chaque fois que le prix du combustible ne dépasse pas une quinzaine de francs par tonne. L'auteur décrit sommairement cette industrie qui est encore à ses débuts. Il indique que le gaz de bois peut d'ailleurs servir à la production de la vapeur dans des chaudières appropriées. J. C.

Le nouveau barrage de Bocquilla (Mexique) (1).

Ce barrage et l'usine hydro-électrique qu'il dessert ont été commencés à la fin de 1909 et terminés en septembre 1916. Le barrage est établi sur la rivière Conchos, dans l'État de Chihuahua (Mexique). Cette importante rivière, affluent du Rio Grande del Norte, a un bassin de 80000 km² dont 16570 km² intéressant le barrage. La hauteur annuelle des eaux fluviales du bassin varie de 350 à 560 mm, mais le débit du fleuve est essentiellement variable : nul pendant plusieurs mois aux époques de sécheresse, il augmente souvent de plusieurs centaines de mètres cubes du jour au lendemain.

Les difficultés techniques et financières auxquelles les ingénieurs se sont heurtés pour les projets s'expliquent par l'absence de toute observation météorologique et de toute donnée hydrographique sur la région. Les études préliminaires, commencées en 1903, durèrent plusieurs années avant qu'il fût possible d'établir un projet définitif.

Le barrage actuel ferme, jusqu'aux deux tiers de sa hauteur, la gorge de la rivière dont les parois s'élèvent à 100 m et 120 m. Il est construit en pierres calcaires disposées par

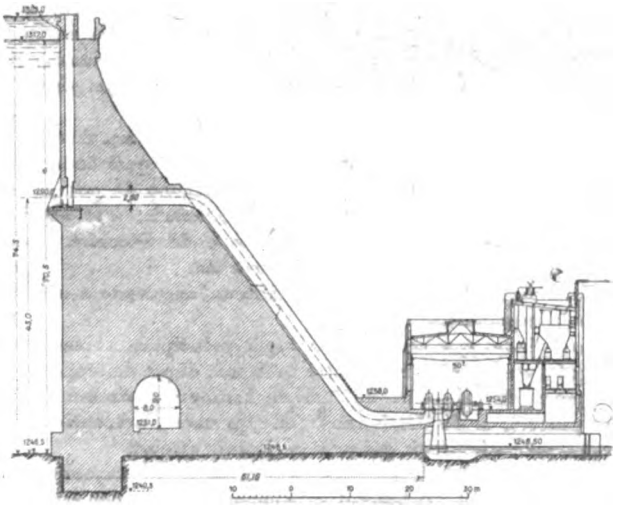


Fig. 1. — Coupe du barrage de Bocquilla au droit de la centrale électrique. Échelle 1 : 1000.

couches inclinées d'environ 15°. La pente extérieure de l'ouvrage est de 71 pour 100, ses dimensions principales sont données par la figure 1. La face verticale possède une

(1) Emil BRÜNIMANN. *Schweizerische Bauzeitung*, 22 septembre 1917, t. LXX, p. 137-141, 2900 mots, 9 fig.

Digitized by Google

courbure de 264 m de rayon, la longueur des fondations est de 95 m au point le plus bas et de 110 m au niveau de l'ancien lit de la rivière. La hauteur est de 73 m aux extrémités et de 74 m au centre afin de protéger la centrale au cas très improbable où la digue serait submergée (fig. 2). On remarquera (fig. 1) que la fondation comporte un éperon de 10 m

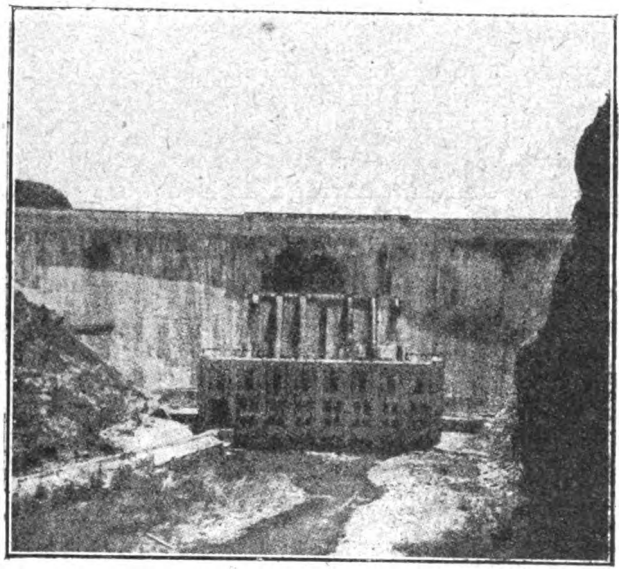


Fig. 2. — Vue du barrage de Bocquilla et de la centrale électrique.

de largeur et 6 m de profondeur destiné à prévenir les infiltrations de l'eau sous pression. Un tunnel de 8 m × 9 m de section traverse le barrage dans toute sa longueur; il communique avec la centrale par un petit tunnel de 2 m × 2,25 m et avec les extrémités supérieures de la digue par deux escaliers. Son but était de permettre l'observation des infiltrations sous une pression croissante, lors de la construction, au moyen de sondages verticaux de 40 m de profondeur et de sondages horizontaux dirigés vers la face verticale.

Pour obtenir la hauteur d'eau voulue (70 m), il a fallu aussi barrer une vallée, dont le seuil n'était qu'à 50 m au-dessus de la rivière, par une digue en béton de 900 m de longueur et 36 m de hauteur. La maçonnerie, qui atteint 68000 m³, est recouverte, par mesure de sécurité, d'un remblai de 163000 m³ de terre rapportée.

Cette digue, malgré sa faible hauteur, augmente des deux tiers la capacité du réservoir.

Pour éviter que ces deux barrages principaux soient submergés, on a créé sur un autre seuil une digue de trop-plein de 720 m de longueur et 3 m de hauteur maximum avec, par place, 9 m de fondations; elle permet l'évacuation de 10000 m³ : sec, débit qui ne sera jamais atteint.

Le lac artificiel ainsi créé est le plus grand du monde. Sa superficie est de 175 km² et sa contenance pour des niveaux croissants de 10 en 10 m atteint 16, 60, 185, 468, 991, 1840 et 3150 millions de mètres cubes et même 3750 millions au niveau du trop-plein (73 m). Sa longueur est de 32 km (trajet en bateau) et sa plus grande largeur de 9 km, son périmètre atteint 200 km sans compter les îles qui sont nombreuses.

La prise d'eau est établie à 27 m au-dessous du niveau normal par quatre conduites de 2,60 m de diamètre traversant la digue horizontalement sur une longueur de 21 m et s'infléchissant ensuite jusqu'à la centrale distante de 12 m du pied du barrage. Dans ce trajet de 12 m le diamètre des conduites se réduit à 2 m avant d'aboutir à des turbines Francis doubles de 10000 ch, accouplées directement à des alternateurs de 6250 kw, 4000 v, 1130 A, 360 t : min. Le sol de la salle des machines est à 5,50 m au-dessus du niveau d'aval. Une cinquième conduite de 0,75 m de diamètre alimente les turbines des compresseurs d'huile et de l'excitatrice. Les compresseurs servent à la régulation des turbines principales et à la fermeture des vannes des conduites. L'excitatrice développe 300 kw à 250 v et 600 t : min; elle sert également à l'éclairage et à la force motrice pour l'usine et ses dépendances. Les dimensions de la centrale sont les suivantes : longueur 68,10 m, largeur 30,55 m, hauteur 25,17 m; elles permettent des extensions ultérieures pour lesquelles deux conduites supplémentaires ont été prévues. Des vannes mues électriquement opèrent la fermeture des conduites à leur extrémité supérieure.

La tension est élevée de 4000 v à 63600 v et sera portée ultérieurement à 110000 v.

La partie électrique a été fournie par la General Electric Co et la partie hydraulique par Escher, Wyss et Co à Zürich. La ligne à haute tension, longue de 76 km, alimente le district minier de Parral. Elle se compose de deux lignes indépendantes; chacune comprend trois câbles d'aluminium portés par 375 pylônes en acier galvanisé de 21,8 m de hauteur et distants de 200 m. La sous-station de transformation de Parral abaisse la tension à 13200 v, de telle sorte que la tension soit de 12000 v à la mine. On prévoit la construction d'une autre ligne de 130 km pour l'alimentation des mines de Santa Eulalia et de Chihuahua.

Les travaux, commencés en 1909 par la maison anglaise Pearson and Son Ltd, passèrent ensuite aux mains de la Mexican Power Co Ltd de Toronto, Canada, qui les acheva. Par suite des troubles qui se sont produits au Mexique

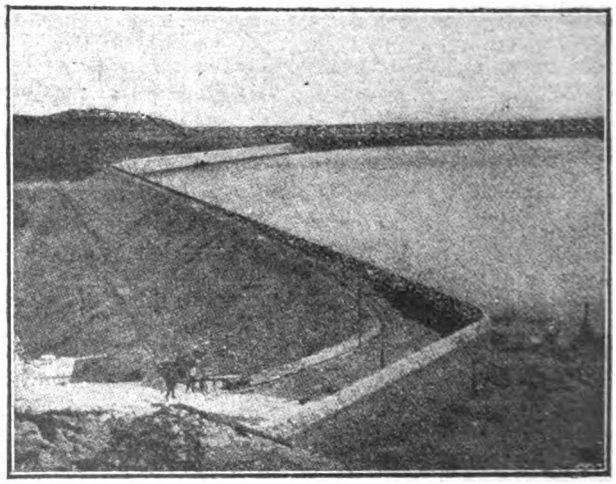


Fig. 3. — Digue latérale, dite de la colline du Tigre.

depuis 1910, la durée prévue et le devis primitif furent largement dépassés; les frais d'établissement se sont élevés à plus de 50 millions de francs. Malheureusement, les circonstances actuelles sont peu propices à l'utilisation de la puissance produite; on a dû également ajourner la réalisation des travaux d'irrigation projetés. J. C.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

L'aménagement du Rhône

On parle depuis longtemps déjà de l'aménagement du Rhône, tant au point de vue de la navigation que de la production de l'énergie électrique; l'auteur de l'article que nous publions ci-dessous reprend l'étude de l'utilisation du Rhône à ces deux points de vue, il examine les différents projets qui ont été proposés et expose les avantages considérables que nous pourrions tirer de leur réalisation.

Introduction. — La question de l'aménagement du Rhône a déjà donné lieu à de nombreuses controverses et elle sera encore l'objet de maintes discussions, jusqu'à la date de l'achèvement des travaux et peut-être même encore après, car la question est très complexe.

Elle comporte deux facteurs principaux qui ne se concilient pas toujours. Ces facteurs sont : la navigation et l'utilisation des ressources hydrauliques du fleuve.

On peut diviser l'étude de l'aménagement du Rhône en deux parties : de Lyon à Genève et de Lyon à la mer.

Le Rhône de Genève à Lyon. — Cette partie du Rhône demande encore de nombreuses études, mais, en général, tout le monde est d'accord sur les principes fondamentaux de l'aménagement du Rhône entre Genève et Lyon.

Les projets comportent tous divers barrages avec écluses pour les bateaux et l'utilisation des chutes ainsi créées pour la production de l'énergie électrique. Le nombre et les emplacements exacts de ces barrages restant seuls encore en discussion.

Le Rhône a été pendant longtemps navigable entre Lyon et Aix-les-Bains, et il y avait même un service de voyageurs entre ces deux villes. Cette navigation pourrait être reprise après la construction d'un barrage en amont de Culoz retenant les graviers de l'Arve, si l'on exécute quelques dragages et quelques dérivations entre le Canal de Savière et Lyon; l'énergie obtenue serait d'environ 120 000 à 200 000 ch pour une dépense de 140 000 000 fr.

La section du Rhône comprise entre Génissiat et la frontière suisse et connue sous le nom de « section des rapides » peut donner de 150 000 à 160 000 ch en eaux moyennes et 350 000 ch en hautes eaux. On estime que l'énergie ainsi produite annuellement sera de 1 300 000 kw-h représentant 1 000 000 t de houille.

La discussion porte en ce moment sur la création à Génissiat d'un barrage unique de 69 m qui créerait un lac de 23 km de longueur et 350 ha de superficie et assurant une navigation très facile. Mais les fondations doivent être descendues à 31 m au-dessous du lit du fleuve, ce qui donne une hauteur totale de 100 m. Actuellement l'on procède à des sondages pour s'assurer que la roche est suffisamment saine à la profondeur de 31 m pour permettre l'établissement des fondations.

De nombreux doutes ayant été émis sur l'état de cette roche, on a alors proposé de diviser la chute en deux parties en établissant un peu en amont de la perte un barrage de 30 m et à Malpertuis, à 7 km en aval, un deuxième barrage de 35 m. Ce projet a deux inconvénients : il permet de moins grandes variations dans le débit de l'énergie électrique; deuxièmement, la navigation entre les deux barrages sera malaisée à cause des remous produits et de l'étroitesse de la vallée qui ne permet pas l'établissement d'un canal latéral.

Les bateaux franchiraient les barrages par des écluses ou par des ascenseurs. Ceux-ci dépasseraient de beaucoup ce qui a été fait, dans ce genre, jusqu'à ce jour; car pour le canal de l'Oder au Danube un ascenseur de 35 m seulement a été prévu. A cause des difficultés de réalisation de ces ascenseurs, les écluses leur seront probablement préférées.

Il faut souhaiter qu'une solution soit prise le plus rapidement possible et que les travaux soient immédiatement commencés et poussés sans arrêt, afin de mettre rapidement le lac Léman et plus tard ceux de Neuchâtel et de Bienne, en communication avec la Méditerranée, pour concurrencer le projet des Allemands qui ont déjà adopté la formule « le lac de Genève darse de Rotterdam ».

Entre la frontière suisse et le lac Léman, le projet actuel prévoit l'établissement de trois usines hydro-électriques et de quatre barrages.

Le Rhône de Lyon à la mer. — Si dans la section du Rhône, comprise entre Lyon et Genève, il est facile de concilier à la fois la navigation et la production de l'énergie électrique, la question change totalement d'aspect en aval de Lyon.

Pour la force motrice il faudrait créer un canal latéral et établir des barrages, mais la navigation ne veut pas de ceux-ci. Nous allons examiner ci-dessous les deux côtés de la question.

Digitized by Google

Point de vue de la navigation. — Le Rhône entre Lyon et la mer a de tous temps été navigué; avant la création des chemins de fer le trafic y était fort intense : en 1850, il atteignait 1 000 000 t. Puis la concurrence des moyens de locomotion plus rapides nuisit considérablement à la navigation, qui, ces dernières années, n'était plus faite que par la Compagnie générale de navigation Havre-Paris-Lyon-Marseille, qui se servait de toueurs dans la section des rapides.

L'Administration des Ponts et Chaussées a amélioré considérablement le lit du fleuve par la construction d'épis submergés, qui assurent un plus grand tirant d'eau.

En 1911 fut créée la Compagnie lyonnaise de Navigation et Remorquage qui fit construire 3 remorqueurs de 2 000 ch et 34 barques de 625 t. Le premier voyage du remorqueur « France » eut lieu le 4 avril 1913. La montée d'Arles à Lyon a été réduite par l'emploi de ces remorqueurs à 4 ou 6 jours et la descente s'effectue en vingt-quatre heures.

Ces remorqueurs peuvent remonter les rapides avec deux ou trois chalands, sans difficultés. Les dérivations proposées par MM. Billet et Grivoiset dans le projet qu'ils ont présenté à la suite de l'ouverture d'un concours par l'office des transports des Chambres de Commerce du Sud-Est, sont donc devenues inutiles et la dépense de 65 000 000 prévue n'a plus sa raison d'être.

Mais si l'on crée le Canal latéral, les convois, à la descente étant obligés de faire demi-tour pour s'arrêter à chaque barrage, seraient fort retardés et courraient de grands risques car une pareille manœuvre est toujours dangereuse. Les barrages forceraient donc les bateaux d'emprunter, dans les deux sens, le Canal latéral, auquel il faudrait en conséquence donner de très grandes dimensions pour permettre le croisement des convois. Il y aurait là également, puisque la durée du voyage par le canal serait beaucoup plus longue que par le fleuve lui-même, une grande immobilisation de matériel et des marchandises, dont il faut tenir compte en estimant les avantages et les inconvénients du Canal latéral.

D'autre part, il ne faut pas oublier qu'en 1914 a été fondé à Lyon sous le nom de la Compagnie lyonnaise de Navigation de plaisance une Compagnie pour faire fonctionner entre Lyon et Avignon un service de voyageurs. Or cette entreprise est à encourager à tous points de vue, car elle fait concurrence à la navigation de plaisance sur le Rhin et attire en France une grande affluence des voyageurs qui iraient sans cela enrichir d'autres pays. Mais il est évident que l'établissement de barrages en travers du Rhône, en augmentant considérablement la durée des voyages qui est actuellement de dix heures environ à la descente, arrêterait immédiatement et sans retour la circulation des bateaux de plaisance sur le Rhône.

La navigation ne demande que peu de travaux, en général peu coûteux : amélioration de certaines digues, modification de ponts, etc. Par contre elle offre une grande source de bénéfices, car elle permet de transporter certaines marchandises à des prix bien inférieurs à ceux des chemins de fer.

Elle a rendu de grands services pendant la guerre, car le trafic qui en 1913 n'était que de 257 660 t s'est élevé en 1916 à 295 576 t. Elle n'attend, pour se développer encore, que la création à Lyon d'un port en rapport avec l'accroissement du trafic.

Un tel port est projeté en aval de Lyon, sur la rive gauche. Il serait relié par un canal au canal de Jonage, la liaison serait ainsi assurée entre le Rhône moyen et le Rhône inférieur. La prompte réalisation de ce projet amènerait une grande augmentation du trafic.

Point de vue de l'utilisation électrique. — Pour produire de l'énergie électrique il faudrait évidemment construire plusieurs barrages. Mais l'établissement de ceux-ci ne se présente plus du tout comme dans le Rhône moyen entre Lyon et Genève. En effet, la vallée du Rhône est en général assez large et les rives peu élevées; la pente et la vitesse du fleuve sont bien plus petites.

Voici du reste comment MM. Billet et Grivoiset s'expriment sur ces barrages dans leur avant-projet cité ci-dessus :

« En outre, des barrages transversaux produiraient l'inondation constante et essentielle de territoires actuellement habités et cultivés. On sait, par des exemples célèbres dans la vallée du Rhône, combien sont bruyantes et graves les difficultés occasionnées par des travaux à qui certains riverains attribuent les inondations dont ils souffrent; on sait aussi combien jalousement l'État protège la zone submersible de la vallée, en s'opposant à toute digue de nature à réduire la section d'écoulement des crues; on sait enfin que l'Administration vient d'accomplir dans ce but les formalités nécessaires à l'application de la loi du 28 mai 1858 dans la vallée du Rhône.

» Les barrages transversaux auraient cet autre inconvénient d'être engravés, surtout en temps de crue, avec une grande rapidité. Un bateau échoué au fond de l'eau dans le chenal est rempli de graviers en quarante-huit heures. On aurait donc une extrême difficulté à protéger les œuvres vives des barrages contre l'engravement, même en recourant aux barrages Camere auquels il faudrait donner des dimensions exceptionnelles en raison des dimensions du matériel de navigation du Rhône. En outre la manœuvre serait très difficile et la réussite aléatoire, si l'on en juge par le peu de temps qu'on a parfois au barrage de la Mulatière pour abaisser ce barrage. »

Ces difficultés ne se rencontrent pas en amont de Lyon où la vitesse du fleuve étant bien plus considérable, il suffit d'établir de puissantes chasses pour que les graviers soient entraînés.

Il est vrai que, quand le barrage de Génissiat sera construit, pendant de nombreuses années, on pourra laisser les graviers s'amonceler en amont du barrage; mais alors on se trouve obligé de reporter la création des barrages sur le Rhône inférieur à l'époque où celui de Génissiat sera terminé, c'est-à-dire à un temps trop éloigné pour que l'on puisse tarder davantage à exécuter les travaux urgents réclamés par la navigation. Or

Digitized by Google

ces travaux non seulement seront complètement rendus sans valeur par les barrages, mais ils devront dans certains cas être anéantis pour permettre la construction de ceux-ci.

D'autre part, le coût d'établissement du Canal latéral et des barrages était estimé en 1911, pour une puissance de 250 000 ch, à plus de 500 000 000 fr ; à l'heure actuelle ce chiffre devrait être porté à 800 000 000 fr au minimum.

Pour le Rhône moyen, il faut compter actuellement près de 500 000 000 fr ; il y aurait donc un milliard trois cents millions à dépenser pour aménager, à la fois, le Rhône inférieur et le Rhône moyen. Il semble qu'il serait difficile d'engager une telle somme dans un nombre d'années relativement restreint. Les travaux de Lyon à Genève sont sûrement plus urgents que ceux du Rhône inférieur.

Le Rhône moyen donnerait de 270 000 à 470 000 ch. Cette énergie serait suffisante, pour commencer du moins, pour la région lyonnaise, même en tenant compte d'un transport de force important du Rhône à Paris.

En outre, pour la région du sud-est de la France, l'aménagement de la Durance et l'établissement du barrage de Serre-Ponçon, dont le coût était estimé à 65 000 000 fr en 1913, d'après le livre remarquable de M. J. Wilhelm, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, seraient beaucoup plus avantageux. En 1913, il n'y avait que 130 000 ch environ d'installés ou en installation et 69 000 ch en plus de concédés quand l'utilisation totale de la Durance donne plus de 850 000 ch dont 400 000 en projets. On voit donc que cette région aurait beaucoup plus facilement l'énergie dont elle a besoin par l'aménagement de la Durance, dont le coût total en 1913 était estimé à 500 000 000 fr environ, fournis pour la plus grande partie par l'industrie privée.

Conclusion. — On voit de ce qui précède que la question de l'aménagement du Rhône est soluble facilement et qu'il y a grand intérêt à faire le plus rapidement possible les travaux suivants :

Aménagement du Rhône entre Lyon et Genève.

Amélioration au point de vue de la navigation du Rhône entre Lyon et la mer.

A cette question est lié l'aménagement de la Durance, qui vient apporter 850 000 ch aux 450 000 ch du Rhône moyen, ce qui donne une puissance totale de 1 300 000 ch, énergie plus que suffisante pendant de nombreuses années encore. Il faut même que la création des usines soit progressive pour ne pas amener une augmentation trop soudaine de l'énergie disponible.

On voit que l'aménagement du Rhône moyen donne :

300 000 ch moyens pour 500 000 000 fr, soit 1 670 000 fr par 1000 ch (évaluation actuelle).

Le Rhône inférieur donne :

250 000 ch pour une dépense actuelle de 800 000 000 fr soit 3 220 000 fr par 1 000 ch.

La Durance :

850 000 ch pour une dépense actuelle de 800 000 000 fr soit 950 000 fr par 1 000 ch.

L'aménagement hydro-électrique du Rhône inférieur est beaucoup plus cher que celui du Rhône supérieur et de la Durance. Ces deux derniers présentent à peu près les mêmes avantages, car l'aménagement du Rhône moyen facilitera la navigation ce qui n'est pas le cas de celui de la Durance.

Quant à l'irrigation, l'aménagement de la Durance, comme le dit M. Wilhelm dans son livre cité ci-dessus, donnera la solution du problème en permettant d'installer des pompes actionnées par l'énergie électrique peu coûteuse obtenue.

Il n'y a donc qu'à souhaiter que les pouvoirs publics prennent le plus rapidement possible les décisions qui dépendent d'eux et qu'ils donnent les autorisations nécessaires demandées pour permettre une prompte et bonne utilisation de la richesse inexploitée qui est fournie par les chutes d'eau de la région des Alpes françaises.

Henry de WATTEVILLE.

Congrès général du Génie civil (*Suite*)

TRAVAUX DE LA SECTION IV

Les travaux de la section IV se composent de vingt-cinq rapports ; nous en analyserons vingt-quatre, réservant le rapport de M. G. WIDMER sur « l'électrométallurgie française des alliages ferrométalliques », qui, vu l'étroitesse des liens qui unissent cette question à l'industrie électrique, fera l'objet d'un article spécial dans la « R. G. E. ».

L'aluminium [1].

Tant que l'aluminium était préparé par le procédé de Sainte-Claire Deville, son prix très élevé de 80 à 100 fr le kilogramme l'empêchait d'être utilisé industriellement. Mais depuis qu'Héroult, et à peu près à la même époque, Minet et de Hall, ont trouvé le moyen de le préparer électriquement, l'aluminium est devenu un métal usuel. On peut le substituer avantageusement au cuivre, en particulier dans les lignes de transport d'énergie ; et il peut, grâce à ses propriétés remarquables, légèreté, conductibilité, affinité très marquée pour l'oxygène, etc., rendre des services particulièrement intéressants.

La préparation actuelle de l'aluminium comporte deux phases.

1° Fabrication, par un procédé chimique, de l'alumine pure en partant de la bauxite ;

[1] Rapport de M. SÉJOURNET.

Digitized by Google

2° Réduction électrolytique de l'alumine pure.

Avant la guerre, les principaux producteurs d'aluminium étaient l'Amérique, la France, la Suisse, l'Angleterre et, ensuite, avec une production plus faible : la Norvège, l'Italie, l'Autriche et l'Allemagne.

En France, la bauxite se rencontre dans le Midi, surtout dans le Var et dans l'Hérault, elle est d'excellente qualité et très recherchée même par les usines étrangères. Si la fabrication de l'aluminium était très développée chez nous, sa transformation à partir du lingot l'était beaucoup moins.

En 1913, les statistiques du ministre des Travaux publics étaient les suivantes :

Production	13 500	tonnes environ.
Exportation	4 500	Id.
Consommation	9 000	Id.
Importation	100	Id.

Depuis la guerre l'industrie française de l'aluminium a traversé des périodes différentes; au début la situation fut pénible, mais depuis elle s'est rétablie et la production actuelle est à peu près le double de ce qu'elle était avant la guerre. Mais nos concurrents étrangers ont développé également considérablement leur production, et, pour pouvoir lutter efficacement après la guerre contre la concurrence étrangère, nos usines ont senti la nécessité d'unir leur efforts et la création de la Société d'Aluminium français a eu pour but principal d'aider à faire face à la nouvelle situation.

Le rapporteur, après avoir exposé les difficultés que rencontrera l'industrie française de l'aluminium après la guerre, prix élevé du charbon et de la main-d'œuvre en particulier, annonce les desiderata de cette industrie qu'on peut résumer comme il suit :

Il conviendrait de protéger, dans une certaine mesure, l'industrie française de fabrication de l'aluminium et celle de la transformation de ce métal, de façon que la France conserve un rang honorable parmi les producteurs de l'aluminium brut et de l'aluminium travaillé et soit rendue plus forte pour prendre la place qui lui revient légitimement dans le commerce mondial du métal.

Sans s'opposer à l'exportation du minerai, il serait aussi nécessaire que les concurrents étrangers ne fussent pas tout à fait sur le même pied que les usines françaises pour s'approvisionner de bauxites de France et profiter des avantages résultant de leur qualité supérieure.

S'il est prématuré de mettre des chiffres en avant, il importe, dès à présent, d'attirer l'attention de qui il appartient.

Il n'apparaît pas, pour le moment, qu'il y ait à se préoccuper de la question des cahiers des charges, ni de celle de l'unification des types à fournir à l'industrie. Ce sont des questions qui ne se posent pas en l'espèce.

La situation économique de la métallurgie du plomb [1].

M. Léon Guillet, après avoir situé la métallurgie du plomb par rapport aux autres métallurgies, en fait l'historique, puis il expose la situation des différents pays producteurs; nous ne donnerons que les tableaux récapitulatifs pour chacun des principaux pays producteurs, et nous n'insisterons que sur l'état de la métallurgie du plomb en France et sur son avenir.

États-Unis. — La production, les importations, les exportations et la consommation des États-Unis durant ces dernières années se résument comme il suit :

Tableau I.

PRODUCTION PAR :	1905 tonnes	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes	1913 tonnes
Les minerais indigènes	274 100	363 000	368 100	376 800	395 800
Les minerais importés	23 000	16 400	9 800	10 500	12 000
Le plomb d'œuvre importé	50 300	69 700	76 400	69 700	33 800
Importations	4 700	3 100	2 400	300	50
Exportations	54 000	63 000	92 300	58 900	40 300
Consommation	298 100	378 900	364 400	398 400	401 300

Autres pays d'Amérique. — En 1913, le Canada a produit 17 100 t de plomb brut et en a importé 13 700 t, il n'y a pas eu d'exportation.

Le Mexique, la même année a produit 120 000 t qui ont été exportées soit aux États-Unis, soit en Belgique; depuis la guerre sa production a considérablement baissé.

Espagne. — Pour l'Espagne, qui est le plus gros producteur européen, on a pour ses exportations (tableau II).

Allemagne. — La situation est résumée dans le tableau III.

Belgique. — Le tableau IV fait ressortir le développement rapide de l'industrie du plomb en Belgique.

Grande-Bretagne. — La production du métal y est bien inférieure à la consommation malgré l'importation d'une grande quantité de minerai (tableau V).

[1] Rapport de M. Guillet.

Digitized by Google

Tableau II.

	1905 tonnes	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes	1913 tonnes
Exportation du plomb brut.....	179 321	191 388	174 530	186 290	202 584
Exportation de produits ouvrés en plomb.....	1 365	521	523	420	390
Exportation totale environ.....	180 700	191 900	175 100	186 710	202 974

Tableau III.

	1890 tonnes	1900 tonnes	1905 tonnes	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes	1913 tonnes
Production.....	101 761	121 513	152 590	159 851	161 287	176 600	181 100
Importations.....	12 766	70 252	78 528	81 541	100 540	93 585	83 781
Exportations.....	32 115	18 825	32 515	30 997	32 064	38 122	41 369
Consommation.....	82 400	172 900	198 600	210 400	229 800	232 100	223 500

Tableau IV.

	1905 tonnes	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes	1913 tonnes
Production.....	22 900	40 700	44 300	51 200	50 800
Importations.....	58 547	53 868	83 453	68 039	72 192
Exportations.....	53 378	62 581	74 136	74 258	80 073
Consommation.....	28 100	32 000	53 600	45 000	42 900

Tableau V.

	1905 tonnes	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes	1913 tonnes
Production.....	23 300	29 600	26 000	29 000	30 500
Importations.....	233 217	222 439	217 126	208 661	207 402
Exportations.....	43 031	43 675	44 862	41 601	46 507
Consommation.....	213 500	208 400	198 300	196 100	191 400

Après la Grande-Bretagne M. Léon Guillet étudie la métallurgie du plomb en France, nous reporterons cette étude plus loin, ayant l'intention d'insister davantage que pour les autres pays.

Autriche-Hongrie. — Le développement de l'industrie du plomb dans ce pays est continue comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau VI.

	1905 tonnes	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes	1913 tonnes
Production.....	13 500	17 500	19 600	21 400	24 100
Importations.....	7 292	14 436	17 239	17 068	12 456
Exportations.....	877	418	670	548	1 060
Consommation.....	19 900	31 500	36 200	37 900	35 500

Digitized by Google

Italie. — Le tableau suivant fait ressortir la situation :

TABLEAU VII.

	1905 tonnes	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes	1913 tonnes
Production	19 077	14 495	16 700	20 500	24 100
Importations	11 000	14 674	20 187	15 627	12 456
Exportations	2 000	933	637	4 122	1 060
Consommation	30 300	28 200	36 300	32 000	35 500

Turquie. — La production du plomb de ce pays varie de 10000 à 14000 t par an.

Grèce. — La Grèce exporte presque complètement sa production qui est fournie spécialement par le Laurium français ; l'usine de Balia-Karaïdin est également contrôlée par la France. La production en plomb de la Grèce est passée de 13 700 t en 1905 à 18 400 t en 1913.

Suède. — On a pour la Suède les chiffres suivants :

TABLEAU VIII.

	1905 tonnes	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes	1913 tonnes
Production	575	400	1 100	1 100	1 200
Importations	775	1 508	1 021	1 194	1 661
Exportations	509	548	1 170	984	361
Consommation	800	1 400	1 000	1 300	2 500

Russie. — La situation se résume comme il suit :

TABLEAU IX.

	1905 tonnes	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes	1913 tonnes
Production	300	1 200	1 000	1 000	1 000
Importations	41 100	47 600	42 100	44 600	57 800
Consommation	41 400	48 800	43 100	45 600	58 800

Norvège. — La Norvège ne produit pas ; elle consomme 300 à 350 t de plomb non ouvré et importe 1000 t de produits ouvrés en plomb.

Suisse. — Ce pays n'est pas producteur, mais ses importations sont assez élevées :

TABLEAU X.

	1905 tonnes	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes	1913 tonnes
Importations	3 837	5 999	5 143	6 618	6 011
Exportations	121	90	121	214	234
Consommation	3 700	5 900	5 000	6 400	5 800

Hollande. — Ce pays a consommé 6 300 t de plomb en 1912 et 9500 t en 1913.

Australie. — Le tableau suivant montre la place importante qu'a prise l'Australie dans la métallurgie du plomb.

Digitized by Google

TABLEAU XI.

	1905 tonnes	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes	1913 tonnes
Production	107 000	98 800	99 600	107 400	116 000
Exportations :					
En Europe et en Amérique	80 800	69 300	62 200	66 300	80 700
En Asie Orientale	12 300	20 000	28 500	24 800	25 100
Consommation; environ	6 000	7 200	9 100	10 100	9 600

Japon. — Le Japon est faible producteur et assez gros consommateur :

TABLEAU XII.

	1905 tonnes	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes	1913 tonnes
Production	2 300	3 500	4 200	3 600	3 600
Importations-exportations	13 500	13 000	14 700	18 200	14 900
Consommation	15 800	16 500	18 900	21 800	18 500

RÉSUMÉ. — En résumé, en comptant la production et la consommation françaises que nous avons laissées volontairement de côté, la situation en 1913 peut se résumer comme il suit :

TABLEAU XIII.

	PRODUCTION tonnes	CONSOMMATION tonnes
Europe	574 000	713 900
Amérique	486 000	
Asie, Australie et divers	1 186 700	1 196 200

Depuis la guerre il a été créé une importante fonderie à Marseille traitant surtout des minerais de Tunisie; l'usine de Mégrine a été agrandie et, en Birmanie, de nouvelles usines peuvent produire environ 30 000 t.

FRANCE. — 1° *Métallurgie française du plomb avant la guerre.* — Avant la guerre, la vente du plomb en France était contrôlée par la Metallgesellschaft qui possédait d'ailleurs l'usine de Mégrine près de Tunis. Il est inutile d'insister sur une telle situation qui doit être absolument changée après la guerre.

De 1860 à 1885 la production est restée à peu près constante, variant de 9 000 t à 14 000 t, puis elle a augmenté sensiblement et a présenté depuis 1895 des oscillations assez notables pour revenir à la production de 1880.

En 1912, les principales mines en exploitation étaient :

Chaliac (Ardèche) à la Société métallurgique et minière des Cévennes qui a donné 2 578 t de galène ;

Malines (Gard) qui a produit 2560 t de galène plus 17 799 t de minerais de zinc plombeux ;

Pierrefite (Hautes-Pyrénées) dont la production en galène a été de 2400 t ;

Et enfin la concession de Bleymard dans la Lozère et des Bormettes (Var).

La production française de minerai de plomb est donc très faible (13953 t), mais il faut y ajouter celle de l'Afrique du Nord qui est indiquée dans le tableau XIV.

TABLEAU XIV.

		1896 tonnes	1900 tonnes	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes
Algérie		117	3 000	13 800	13 700	19 500
Tunisie.	Galènes	242	2 583	28 600	37 000	51 300
	Mixtes	»	»	500	»	»

Les importations et exportations de minerai de plomb dans notre pays se résument comme il suit :

	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes	1913 tonnes	
Importations	29 000	47 400	42 500	40 825 dont	17 813 d'Algérie. 2 676 de Tunisie. 13 950 d'Italie. 2 346 d'Espagne.
Exportations	5 800	9 700	12 285	15 286 dont	12 866 pour la Belgique. 1 166 pour la Grande-Bretagne.

Digitized by Google

Au point de vue métal, la production des usines françaises a été de 31 100 t en 1912.

En 1913, nos importations et exportations de plomb en saumons ou tables ont été les suivantes :

Tableau XV.

	IMPORTATIONS tonnes	EXPORTATIONS tonnes
Plomb argentifère.....	6 058	sensiblement nulles
Plomb non argentifère..	70 813	639
Plomb allié à l'antimoine	70	71
Plomb battu ou laminé.	25	286

La situation de la France au point de vue métallurgie du plomb se résume dans le tableau XVI.

2° *Avenir de la métallurgie du plomb en France.* — D'après ce qui a été dit plus haut, en 1913, la consommation de plomb s'élevait, en France, à 108 000 t environ, tandis que la production française n'était que de 28 000 t. On pourrait, cependant, en drainant vers la métropole les minerais d'Algérie et de Tunisie, cette dernière fournissant depuis la guerre 100 000 t de minerai correspondant à environ 65 000 t de métal, arriver à ce que notre production soit sensiblement égale à notre consommation, sans tenir compte des promesses qui viennent du côté du Tonkin et du côté du Maroc.

En vue de réaliser un tel but et développer l'industrie du plomb en France, M. Léon Guillet émet les vœux suivants :

a) Que tous les efforts soient faits pour favoriser le développement des mines et de la métallurgie du plomb en France.

Tableau XVI.

	1903 tonnes	1905 tonnes	1907 tonnes	1910 tonnes	1911 tonnes	1912 tonnes	1913 tonnes
Production.....	23 300	18 800	24 800	20 200	23 600	31 100	28 000
Importations.....	69 216	71 597	63 772	76 375	80 758	85 608	85 163
Exportations.....	8 256	8 152	4 823	6 794	4 710	12 100	5 615
Consommation.....	84 300	82 200	83 700	89 800	99 600	104 700	107 600

b) Que, à cet effet, il soit créé un droit de sortie pour les minerais indigènes, aussi bien que pour ceux de nos colonies et de nos pays de protectorat qui ne seraient pas dirigés sur la métropole.

c) Que les droits de douane sur le minerai et le métal soient intégralement maintenus.

d) Que les producteurs de minerais, que les fondeurs ainsi que les transformateurs forment un groupement ayant pour but, tant au point de vue technique que commercial, de combattre, par liaison avec les sociétés analogues des pays alliés, l'influence des groupements déjà existants chez nos ennemis.

L'unification du matériel des mines (1).

Le rapporteur montre que la remise rapide en exploitation de nos mines détruites par l'ennemi nécessitera l'unification du matériel pour permettre aux constructeurs de fabriquer en série. M. Loucheur et le Comité des houillères de France se sont préoccupés de la question. Le Comité central des houillères de France a dressé une liste du matériel à unifier; dans cette liste nous relevons les appareils suivants qui peuvent intéresser les constructeurs électriciens : ventilateurs portatifs et pompes du fond électriques, les petits moteurs électriques, les locomotives et tracteurs électriques, les installations téléphoniques intérieures, les lampes de mines électriques, etc.

M. Engelbach montre ce qui a déjà été réalisé au point de vue de l'unification du matériel commandé pour le rééquipement des mines du Nord et du Pas-de-Calais et émet le vœu que l'unification s'étende de plus en plus, ce qui aura pour résultat de faire baisser sensiblement le prix des installations.

(1) Rapport de M. Engelbach.

La métallurgie de l'antimoine (1).

Le rapporteur expose la situation de la métallurgie de l'antimoine avant et pendant la guerre; il étudie la production mondiale actuelle et celle que l'on peut espérer après la guerre, ainsi que les oscillations du marché de ce métal. Il donne quelques indications sur le commerce et la fabrication des produits dérivés; il conclut son rapport en émettant les vœux suivants relatifs à l'industrie de l'antimoine :

1° Qu'il soit créé en France un cours officiel, bien contrôlé, de ce métal;

2° Que les applications de peinture à base d'antimoine, en remplacement de la céruse, soient encouragées par les grandes administrations susceptibles de l'employer;

3° Que des instructions pressantes soient données aux agents consulaires et aux représentants de la France à l'étranger pour recueillir avec soin tous renseignements sur les développements miniers ou métallurgiques, statistiques de mouvements de matières, entrées, sorties et consommations des pays où ils sont accrédités.

(*A suivre.*)

(1) Rapport de M. Marcel Bivier.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Le règlement des différends concernant les distributions d'énergie électrique
Le rôle du Comité d'électricité

L'auteur, dans la courte note ci-jointe, indique le rôle qui incombe au Comité d'électricité, au point de vue de l'intérêt général, dans la solution des difficultés qui peuvent se présenter dans les affaires relatives aux distributions publiques d'énergie électrique et à l'application de la loi du 15 juin 1906 en particulier.

Les distributions d'énergie électrique sont des entreprises de travaux publics ; par suite les contestations qui peuvent s'élever dans leur établissement ou dans leur exploitation entre les entrepreneurs et l'Administration relèvent des tribunaux administratifs, en conformité de la loi du 28 pluviôse an VIII. C'est donc au Conseil de Préfecture du département qu'il appartient, sauf recours au Conseil d'État, de statuer sur les contestations relatives à l'exécution des marchés de travaux publics et de trancher les différends entre l'Administration et les entrepreneurs. Cette procédure est générale pour toutes les entreprises de travaux publics et en particulier les distributions d'énergie électrique rentrent dans le cas général. Toutefois, dans leur cas spécial, il y a une particularité intéressante à signaler qui se trouve dans la loi du 15 juin 1906.

Elle consiste dans ce fait que, d'une manière générale, quand il y a désaccord, le ministre des Travaux publics demande l'avis du Comité d'électricité. Cette procédure est basée sur l'article 14 de la loi, qu'on trouve au titre VI, intitulé : Conditions communes à l'établissement et à l'exploitation des distributions sous le régime des permissions de voirie ou des concessions. L'article 14 est ainsi libellé :

ART. 14. — Les projets sont examinés par les représentants des services intéressés dans une conférence à laquelle prennent part, dans tous les cas, les représentants de l'Administration des Postes et des Télégraphes. Si l'accord en vue de l'exécution des projets n'intervient pas au cours de la conférence, l'affaire est soumise au Comité d'électricité. Si tous les ministres intéressés n'adhèrent pas à l'avis du Comité, il est statué par décret en Conseil des ministres.

Comme l'indique cette rédaction, le cas qui est visé est celui « des services intéressés ». Mais en fait cette formule est très générale et elle s'applique en pratique à toutes les difficultés qui se rencontrent nécessairement soit dans l'établissement, soit dans l'exploitation des distributions d'énergie électrique.

En effet, ces difficultés peuvent se produire soit entre les entrepreneurs de distributions et un service administratif (voirie, postes et télégraphes, etc.) soit entre les entrepreneurs et le public, ce dernier pouvant être soit un tiers, intéressé comme consommateur dans la distribution, soit un tiers, intéressé par le passage des canalisations électriques.

Il doit d'ailleurs être bien entendu que les avis ainsi formulés par l'Administration, après consultation du Comité d'électricité, ne peuvent engager en rien la responsabilité de l'État. En ce qui concerne particulièrement les affaires où le public est partie, elles relèvent des tribunaux et ce n'est que par analogie avec les autres que le Comité et l'Administration s'en occupent, avec le désir de prévenir les difficultés ou de les faire solutionner à l'amiable.

Le service du Contrôle des Distributions représente à la fois les intérêts des entreprises et ceux des consommateurs. Chargé d'un service public, il n'a en vue que l'intérêt général et son impartialité est absolue dans son examen des conflits qui peuvent s'élever. En conséquence, toute difficulté entre un entrepreneur et un service administratif est examinée par le Service du Contrôle qui doit formuler son avis. Si cet avis, favorable à l'entrepreneur, est en désaccord avec le service administratif intéressé, l'affaire est soumise au Comité, en vertu de l'article 14 ci-dessus. Si cet avis est défavorable à l'entrepreneur, comme ce dernier a toute liberté de porter sa réclamation devant le ministre des Travaux publics, la pratique du Service du Contrôle est de ne pas attendre cette réclamation et de soumettre immédiatement le conflit à l'Administration des Travaux publics qui transmet généralement l'affaire pour avis au Comité d'électricité.

Quand la difficulté se présente entre l'entrepreneur de la distribution et le public, le rôle immédiat du Contrôle est d'intervenir, s'il est saisi de la réclamation. Il doit l'examiner et chercher à résoudre le différend au mieux de l'intérêt général. A défaut d'entente entre les parties, si le désaccord subsiste, malgré les efforts du Contrôle, il doit être porté, comme précédemment et pour les mêmes raisons, devant l'Administration des

Digitized by Google

Travaux publics et le Comité d'électricité, toujours sous les réserves qui ont été indiquées plus haut.

La composition même de ce Comité est un gage de sa haute compétence et de son impartialité. Il comprend, comme on le sait, trente membres, soit quinze membres, représentants professionnels français des grandes industries électriques, et quinze membres, pris dans les Administrations de l'Intérieur, des Travaux publics, du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, de la Guerre et de l'Agriculture. Il y a ainsi cinq ministères, représentés chacun par trois membres. Les quinze représentants professionnels des industries électriques sont nommés par décrets sur les propositions du ministre des Travaux publics et du ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes.

Aux termes du quatrième alinéa de l'article 20 de la loi du 15 juin 1906, qui institue le Comité et définit sa composition, le Comité donne son avis dans les cas prévus par la loi (ils ont été indiqués plus haut), et sur toutes les questions dont les ministres intéressés peuvent le saisir. Il doit être entendu que les avis du Comité ne sont formulés qu'à titre consultatif et qu'ils n'ont pas le pouvoir de décision. Ce dernier ne peut appartenir qu'au gouvernement, constitué par les ministres, responsables devant le Parlement. Cependant, d'une manière générale, la pratique a permis de constater que les avis du Comité sont adoptés et suivis d'exécution, en raison de l'autorité acquise par cette assemblée.

Les affaires contentieuses que la loi du 15 juin 1906 défère spécialement aux tribunaux administratifs par son article 22 n'y sont pas portées en fait sans consultation préalable du Comité. Ces affaires ont souvent une grande importance au point de vue de la répercussion grave de leurs conclusions sur les services publics. Ce sont les contestations et réclamations auxquelles peut donner lieu l'application des mesures prises en vue de la protection des transmissions télégraphiques et téléphoniques et, en général, de la marche de tout service public.

Cette consultation préalable du Comité offre un grand intérêt, car elle permet de résoudre bien des difficultés et de prévenir des actions contentieuses. La jurisprudence du Comité est très libérale pour l'industrie, tout en tenant compte d'une façon impartiale des nécessités administratives. Il semble bien que cette organisation donne satisfaction aux divers intérêts en présence qui très souvent sont contradictoires et qu'elle permette leur conciliation, basée sur l'intérêt général.

Il y a d'ailleurs des cas où le Comité se récuse pour formuler un avis, en particulier, quand l'affaire qui lui est soumise a déjà donné lieu à l'ouverture d'une action devant les tribunaux et que l'instruction en est encore en cours, ou bien quand, d'après sa nature, la solution de l'affaire relève indubitablement de la compétence des tribunaux. Les difficultés entre les distributeurs et les abonnés, relatives aux questions de police d'abonnement et d'une manière générale aux questions commerciales, relèvent spécialement des tribunaux civils.

Mais, dans un grand nombre des cas de la pratique, les affaires sont de la compétence du Comité d'électricité. A défaut de l'obtention d'un accord par les soins de l'Administration des Travaux publics qui fait tous ses efforts dans ce sens, il semble donc intéressant pour les industriels de s'adresser largement à cette procédure, avant de se décider à recourir à une action contentieuse. D'ailleurs, comme il a été dit, les avis du Comité sont purement consultatifs et ils laissent aux parties, administrations, entreprises, public, etc., toute liberté pour résoudre ultérieurement les difficultés par les voies ordinaires du droit.

A. MONMERQUÉ,
Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Législation, jurisprudence, réglementation

Décret prorogeant la validité du décret du 9 mai 1912 déclarant d'utilité publique des travaux pour l'amélioration des installations de la gare Saint-Lazare et l'électrification des lignes de la petite banlieue (rive droite).

Le « Journal officiel » du 29 mai 1918 publie, p. 4673, le décret suivant pris en date du 9 mai 1918 :

ARTICLE PREMIER. — Est prorogée, jusqu'au 9 mai 1921, la validité du décret du 9 mai 1912 qui a déclaré d'utilité publique les travaux à exécuter pour l'amélioration des installations à la gare Saint-Lazare et l'électrification des lignes de petite banlieue, rive droite.

ART. 2. — Le ministre des Travaux publics et des Transports est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au « Journal officiel » de la République française et inséré au « Bulletin des lois ».

ERRATUM

Nous avons publié in extenso dans la « R. G. E. » du 1er juin 1918, t. III, p. 796, la note présentée par M. Jean Rey à l'Académie des Sciences sur le diagramme entropique du pétrole. Dans cette note, s'est glissée une erreur.

Page 798, ligne 17, lire :

$$T = 1{,}167\ T_0 + 0{,}641\ (T_0 - 373)$$

au lieu de :

$$T = 1{,}167\ T_0 - 0{,}641\ (T_0 - 273).$$

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR :
J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF :
Alfred SOULIER, Expert près le Tribunal civil de la Seine

2e ANNÉE. — TOME III. — N° 26. — 29 JUIN 1918.

Chronique. — A propos des transformateurs de sonneries. — Sur la tarification de l'énergie électrique employée aux besoins domestiques — Société française de Physique. — Bibliographie : La Foire d'échantillons, par C. Germain DE MONTAUZAN, p. 929-930.

Section scientifique et technique. — Construction indirecte du diagramme rigoureux des moteurs à champ tournant par V. GENKIN, p. 931. — Sur les abaques relatifs au calcul de la résistance des conducteurs associés en parallèle, notes de MM. L. ZORETTI et J. BETHENOD, p. 933. — Calcul des canalisations d'un réseau électrique, par M. JACQUES, p. 935. — Revues, analyses et informations : Les ondes vagabondes dans les canalisations aériennes et dans les câbles, p. 936; Application du galvanomètre à cadre mobile à la mesure de la viscosité des fluides, p. 936.

Section industrielle. — Les économies de combustible obtenues par l'emploi de charbon pulvérisé, par E. PIERNET, p. 936. — Un mot sur l'électrification des grands chemins de fer aux Etats-Unis d'Amérique, par J. CARLIER, p. 943. — Notes pratiques : Trempe sur place de la table de roulement des rails de tramways, p. 948.

Section économique et financière. — Système de tarification des salaires, par Louis CONGE, p. 949. — Congrès du Génie civil (*suite*), p. 950. — Assemblées générales : Revue générale de l'Electricité, p. 955; Société hydro-électrique de la Haute-Bourne, p. 956; Société anonyme électrochimique du Giffre, p. 956; Société marseillaise de Crédit industriel et commercial et de Dépôts, p. 956.

Section de législation. — Règlement suisse concernant le calcul des redevances en matière des droits d'eau, p. 957. — Législation, jurisprudence, réglementation : Décret autorisant l'utilisation des eaux du lac d'Orédon pour l'augmentation de puissance de l'usine hydro-électrique d'Eget, p. 959. — La réparation des dommages causés par les faits de guerre, p. 959.

A propos des transformateurs de sonneries. — Dans son numéro de décembre dernier le « Bulletin de l'Association suisse des Électriciens » publiait un long article dans lequel se trouvaient décrits divers modèles des transformateurs pour sonneries de construction allemande ou suisse. En raison de la tendance générale de cet article nous n'avions pas cru devoir en publier une analyse complète; toutefois il nous a paru utile, à titre documentaire, d'en indiquer la conclusion générale et c'est ce qui a été fait dans le numéro du 25 mai, t. III, p. 774-776, d'après une note parue dans notre confrère anglais « Electrician ».

A propos de cette publication, un de nos lecteurs, bien placé pour connaître la question puisqu'il est le constructeur des transformateurs Ferrix, nous adresse la lettre ci-dessous, d'après laquelle l'industrie française est à même de construire, dans les meilleures conditions, des transformateurs pour sonneries. Nous sommes heureux d'enregistrer cette constatation.

L'article extrait du « Bulletin de l'Association suisse des Électriciens » paru dans la « R. G. E. » du 28 mai a intéressé tous les installateurs-électriciens qui connaissent autant que leurs clients les ennuis des piles.

Toutefois, cet article ne donne pas une idée exacte de la situation, en France. L'appareil décrit et représenté est en effet celui d'une maison suisse-allemande de Bâle, appareil fort bien construit du reste, mais dont le prix est trop élevé pour être d'un usage courant.

Une maison absolument française s'est spécialisée depuis deux ans dans la construction de ce genre d'appareil. Persuadée que l'emploi général des transformateurs de sonneries est une question de prix pour l'électricien, elle n'a pas hésité à simplifier à l'extrême cet appareil, et à livrer à bas prix tout en garantissant un parfait fonctionnement.

Facilité de montage, robustesse, circuit magnétique à un seul joint fortement imbriqué et serré, consommation de courant actif correspondant à une puissance de un watt dans le petit modèle, consommation de courant réactif à peine supérieure, ce petit appareil réunit dans sa construction si simple toutes les qualités désirables. Sa grande surface de refroidissement limite à 70° ou 80° la température atteinte en cas de court-circuit prolongé du circuit secondaire; aussi les claquages, à craindre dans les appareils mal ventilés, sont-ils exceptionnels. De plus, l'emploi de fusibles ou de fils de résistance limitant l'intensité du court-circuit et aussi la puissance de l'appareil, n'est plus utile. L'isolement entre la masse et entre les enroulements est parfaitement assuré.

On peut trouver toutefois exagérée l'application d'un courant à 3000 v demandée pur certains réseaux suisses pour l'essai d'un appareil ne devant jamais supporter que 120 ou 200 v. Les constructeurs de fers à repasser ou d'appareils de cuisine électriques auraient du mal à réaliser des

Digitized by Google

appareils résistant à une pareille tension, et pourtant fers et réchauds sont manipulés constamment, ce qui n'est pas le cas des transformateurs et des circuits de sonneries qu'ils alimentent. Des exagérations de ce genre ne peuvent que nuire à des applications intéressantes, alors surtout qu'il s'agit d'un des appareils les plus robustes de la construction électrique.

En fait, on peut admettre que, sur mille appareils branchés d'un bout de l'année à l'autre sur le courant, deux ou trois seulement devront être remplacés. C'est un résultat que peu d'appareils électriques réalisent et qui fait honneur à la construction française.

Quant à la consommation annuelle de courant, elle ne se présente en aucune façon suivant le calcul théorique de notre confrère suisse.

Les modèles les plus employés ne consommant qu'une puissance active inférieure au watt, cette puissance ne peut suffire pour faire démarrer la grande majorité des compteurs, et si ce démarrage a lieu, l'enregistrement reste très inférieur à ce qu'il devrait être. Cette consommation est au contraire intégralement enregistrée dès que le compteur a démarré sous la charge d'un appareil d'utilisation. Ceci se produisant précisément pendant les heures de charge du réseau, les intérêts des compagnies de distribution sont sauvegardés.

Il est inutile de tenir compte du fonctionnement en charge qui ne dure généralement que quelques secondes par jour et reste inappréciable.

La consommation annuelle de courant d'un transformateur de sonnerie est donc sensiblement proportionnelle à la durée du débit capable de faire démarrer le compteur. Elle est donc très faible quand le compteur ne tourne que quelques heures par jour, et peut varier en pratique de 1 à 3 fr par an. Le plus curieux est que cette somme payée par le consommateur à son insu, car le compteur ne tourne pas sous l'action du transformateur, n'en est pas moins encaissée par la compagnie de distribution.

O. Loras,
Ingénieur-électricien.

Sur la tarification de l'énergie électrique employée aux besoins domestiques. — Dans son article « Propagande pour le développement des applications de l'électricité dans les habitations », publié dans le numéro du 27 avril, t. III, p. 609-613, M. G.-P. Roux préconisait en vue de ce développement une tarification tenant compte de la quantité d'énergie consommée et de la puissance maximum utilisée. Nous recevons à ce sujet, de M. Fichter, ingénieur à la Compagnie d'Éclairage par le Gaz et l'Électricité, de Foix, une lettre que nous reproduisons ci-dessous, bien que l'idée émise de substituer la puissance reliée à la puissance maximum demandée soit discutable.

Je lis l'article de M. G.-P. Roux (de Philadelphie), étudiant un système de tarification employé en Amérique. En réalité ce système a été essayé en Europe, et même en France depuis longtemps déjà, et il ne constitue qu'une variante du système dégressif. Tel qu'il est présenté, il est même inférieur au système « de Fodor » ou aux autres tarifications équivalentes.

Je suis pleinement d'accord avec l'auteur quand il dit que « du règlement équitable de la question des tarifs dépend le succès de la propagande en faveur du second service (ici l'emploi de l'énergie électrique pour des besoins domestiques autres que l'éclairage) ». Mais il ne faut pas oublier non plus que, pour la centrale, le client le plus intéressant, et partant, celui qui doit être le plus encouragé par des tarifs de faveur est celui qui présentera la plus *forte consommation pour la plus petite puissance installée.*

Dans l'exemple cité par M. Roux, le client A est, toutes choses égales d'ailleurs, beaucoup plus intéressant que le client F. Il a d'ailleurs été constaté partout, depuis très longtemps déjà, que le coefficient d'utilisation varie généralement en raison inverse du nombre des lampes installées.

Le système de tarification en question ne devient logique que s'il favorise les clients du type A; il suffit pour cela que la « taxe de demande » ne soit plus calculée proportionnellement à la demande maximum, mais à la « puissance reliée » pour employer l'expression de l'auteur.

Société française de Physique : Séance du 7 juin 1918. — M. Hurmuzescu, professeur à l'Université de Bucarest, a fait une communication sur l'*Instabilité moléculaire dans les phénomènes de magnétostriction.*

En étudiant spécialement ces phénomènes, il a observé dans la région du maximum d'allongement du fer doux un phénomène particulier d'instabilité moléculaire qui se présente seulement pour le fer doux et non pour l'acier.

Nous reproduirons cette communication dans un prochain numéro.

Bibliographie : La Foire d'échantillons, par C. Germain de Montauzan, ingénieur civil des mines, professeur adjoint à la Faculté des lettres de l'Université de Lyon. — Ce volume ayant pour titre général. « L'effort économique de Lyon pendant la guerre » donne un exposé complet des tentatives faites pour la création et l'organisation de la Foire de Lyon, ainsi qu'un compte rendu des résultats obtenus par les manifestations de 1916, 1917 et 1918. De 1342 exposants en 1916 ce nombre est monté à 3182 pour l'année 1918. Le bilan financier accuse un chiffre d'affaires de 750 millions de francs pour 1918, sur lequel 38 millions concernant le groupe électricité, 35 millions la métallurgie et 50 millions la mécanique.

Ces brillants résultats font bien augurer de l'avenir commercial et industriel de notre pays pour l'après-guerre et permettent d'escompter à bref délai la ruine de la Foire de Leipzig au profit de la grande cité lyonnaise. — J. N.

(1) Un vol. format 19 cm × 14 cm, 200 pages, figures hors texte. Edité par le Comité de la Foire de Lyon.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Construction indirecte du diagramme rigoureux des moteurs à champ tournant

L'usage de diagrammes circulaires dans l'étude pratique des moteurs asynchrones à champ tournant est assez restreint pour les deux raisons suivantes : dans le cas de gros moteurs fonctionnant avec un glissement très faible, le diagramme ne fournit pas avec assez de précision les caractéristiques se rapportant au régime normal auquel on attache pourtant une importance primordiale, les conditions du couple maximum étant d'habitude largement réalisées. Dans le cas de moteurs de faible puissance où les résultats, tirés de diagrammes, sont d'une grande utilité pratique, on se trouve dans l'obligation de renoncer au diagramme sous sa forme simple par suite de l'importance relative de la résistance du stator. L'auteur de l'article indique un procédé graphique permettant de transformer au moyen d'une construction très simple le cercle Blondel-Heyland-Behrend en un diagramme rigoureux dont l'emploi se trouve ainsi facilité.

Le diagramme du cercle se construit avec une grande facilité lorsqu'on néglige la résistance du stator. Sous cette forme bien connue sa construction ne présente aucune difficulté, les résultats d'essai ou les données du calcul pouvant servir indifféremment de points de départ.

Le problème se complique sensiblement s'il est nécessaire de tenir compte de la résistance du stator, comme c'est le cas dans les moteurs de faible puissance. La construction du cercle de fonctionnement se fait, alors, au moyen de formules peu intuitives et plus ou moins approchées destinées à situer son centre (1).

Il semble intéressant de signaler un procédé graphique rigoureux qui permet de construire le diagramme complet avec autant de facilité que le diagramme simplifié ne tenant pas compte de la résistance du stator. Dans ce procédé le diagramme simplifié sert toujours comme point de départ, de sorte que l'opération apparait sous forme de correction. Elle permet ainsi de se rendre compte, avant même que le tracé soit achevé, si l'introduction de la résistance du stator doit avoir une influence sensible sur le fonctionnement.

Nous nous basons sur le diagramme du cercle simple qui néglige la résistance du stator, mais tient compte de la dispersion primaire et secondaire.

La figure 1 représente un tel diagramme sous la forme bien connue où $OA_0 = I_0$, $OA_\infty = I_\infty$ correspondant aux glissements 0 et ∞.

Si l'on désigne par ν_1 et ν_2 les coefficients de Hopkinson relatifs au primaire et au secondaire, on sait qu'il existe la relation

$$\frac{OA_0}{OA_\infty} = \frac{I_0}{I_\infty} = \frac{\nu_1\nu_2 - 1}{\nu_1\nu_2} = \sigma.$$

(1) La déduction du diagramme rigoureux au moyen de la théorie des figures inverses a été faite par MM. Arnold et Lacour mais d'une façon sensiblement différente.

Il s'agit de transformer ce diagramme simple en diagramme complet tenant compte de la résistance du

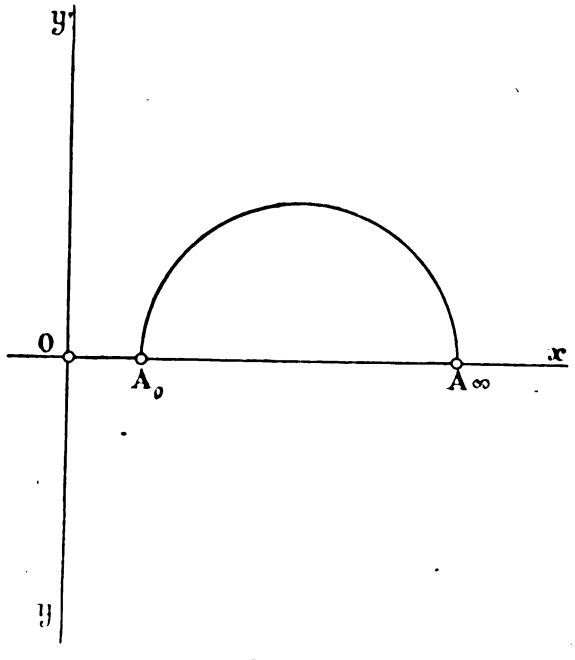


Fig. 1.

stator. Pour y arriver nous appliquerons la proposition suivante (1) :

Supposons (fig. 2) un récepteur en R alimenté au travers d'une impédance Z, et réglons, d'abord, la tension en G

(1) Voir la note de l'auteur dans *La Lumière électrique*, t XVII, n° 5, du 3 février 1912 : « Influence de la chute de tension sur le fonctionnement des récepteurs à courant alternatif ».

Digitized by Google

de façon à compenser la chute de tension dans l'impédance Z, et à obtenir en R une tension constante. Si nous portons sur un graphique les valeurs successives de la tension en G, l'extrémité du vecteur E_g décrira une

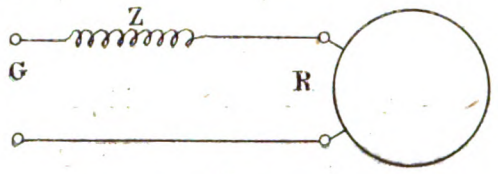


Fig. 2.

courbe déterminée par la loi de variation de courant dans le récepteur.

Supposons, ensuite, que la tension soit maintenue en G constante et égale à la valeur précédente. La tension en R sera alors variable et pourra à son tour être représentée par un graphique.

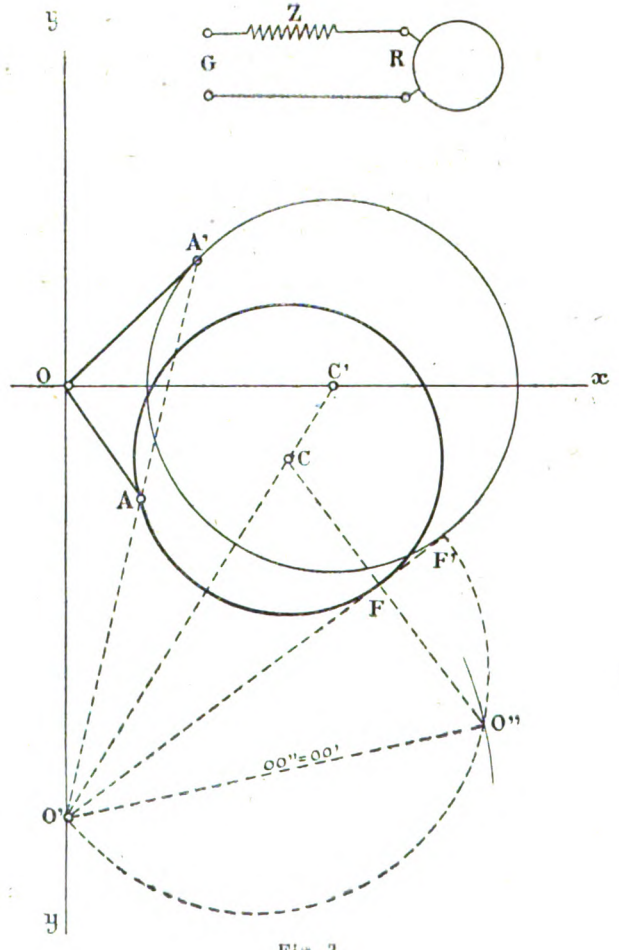


Fig. 3.

Les deux courbes ainsi obtenues sont inverses par rapport à l'origine des vecteurs, la puissance d'inversion étant égale au carré de la tension maintenue constante dans les deux cas.

En appliquant ces considérations au cas qui nous intéresse, nous devrons envisager l'alimentation d'un moteur dépourvu de la résistance et obéissant au diagramme de la figure 1 au travers d'une résistance que nous pouvons figurer extérieurement au moteur. Nous arriverons au schéma de la figure 3.

Si nous maintenons la tension constante aux bornes R, nous savons que le fonctionnement du moteur sera représenté par le diagramme de la figure 1. Portons sur la figure 3, à partir de O', comme origine des vecteurs la valeur de E qui reste constante et est appliquée aux bornes de R.

Il est clair qu'il faudra imposer en G une tension variable et que l'extrémité du vecteur E devra décrire un cercle semblable à celui de la figure 1 et représentant la chute de tension rI qu'il convient de compenser.

Transportons maintenant la tension constante E, de R en G, c'est-à-dire en amont de la résistance. Il résulte de la proposition, ci-dessus énoncée, que la tension en R sera représentée par un vecteur décrivant un cercle inverse au précédent. L'échelle du cercle C ainsi obtenu est la même que pour le cercle primitif C'. Toutefois le nouveau cercle sera rapporté aux axes OX, OY, le sens de rotation des vecteurs étant opposé au précédent.

Nous pouvons diviser toutes les longueurs par r, ce qui revient à changer l'échelle. La puissance d'inversion deviendra, alors, égale à $\left(\frac{E}{r}\right)^2$ et les deux diagrammes circulaires représenteront directement les valeurs de courants.

Finalement, on obtient l'épure de la figure 4. Le diagramme circulaire primitif ayant son centre en C' est tracé par rapport aux axes OX, OY'. A partir de l'origine O, on porte la longueur $OO' = \frac{E}{r} = I$, égale au courant qu'on obtiendrait en faisant débiter la tension d'alimentation en court-circuit sur la résistance seule du stator.

Le diagramme circulaire rigoureux est obtenu en inversant le cercle C' par rapport à O' et en prenant comme puissance d'inversion $I^2 = (OO')^2$. Le nouveau cercle a son centre en C sur la droite O' C'.

Les points caractéristiques correspondant aux glissements 0, 1, ∞ se retrouvent comme points d'intersection du cercle C avec les rayons émanant du pôle O' et dirigés vers A'_0, A'_1 et A'_∞ du diagramme simplifié. Il est à remarquer qu'avant même de construire le cercle inverse C, on peut se rendre aisément compte par la valeur de $OO' = \frac{E}{r}$ si le diagramme primitif doit utilement subir une correction du fait de la résistance du stator.

On voit, en effet, que, si la valeur de $I = \frac{E}{r}$ croît, le centre d'inversion O' s'éloigne de plus en plus de l'origine O.

Le cercle C se rapproche de plus en plus du cercle primitif C' pour se confondre avec lui pour $\frac{E}{r} = \infty$.

Digitized by Google

On doit envisager deux cas dans l'application pratique du diagramme.

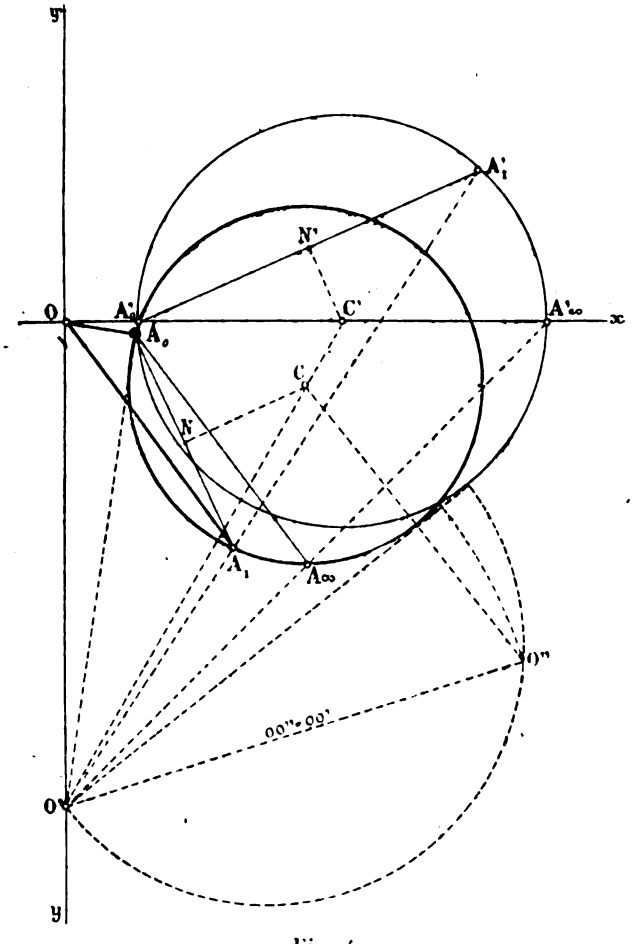


Fig. 4

1° **Construction basée sur les données du calcul.** — La résistance du stator, les coefficients de Hopkinson σ_1, σ_2 ou les réactances de fuites primaires et secondaires étant connues, on construit le cercle primitif C'. Il suffit alors de l'inverser par rapport à O' éloigné de O de la longueur $= \frac{E}{r}$. La puissance d'inversion est $(OO')^2 = \left(\frac{E}{r}\right)^2$.

2° **Construction d'après les résultats d'essai.** — L'essai à vide et en court-circuit fournit les points A_0 et A_1 appartenant au cercle définitif. Afin de trouver son centre on peut procéder de la façon suivante : on porte la longueur $OO' = \frac{E}{r}$, la résistance du stator étant connue, et on inverse par rapport à O' les points A_0 et A_1 avec $(OO')^2$ comme puissance d'inversion. On obtient ainsi les points correspondants A'_0 et A'_1 situés sur le cercle primitif utilisé, en la circonstance, comme auxiliaire.

L'intersection de la normale N'C' à la corde $A'_0 A'_1$ avec l'axe OX fournit le centre C' du cercle auxiliaire. Le centre C du cercle cherché est alors trouvé simplement par l'intersection de la droite O'C avec la normale à la corde $A_0 A_1$.

Observation. — Afin de ne pas compliquer l'épure, nous avons négligé la composante active du courant à vide. C'est la raison pour laquelle le vecteur de courant à vide OA_0 forme un angle droit avec le rayon $O'A'_0$. En général, l'angle $OA_0O' > \frac{\pi}{2}$. Dans ces conditions le point A'_0 inverse à A_0 n'est plus sur l'axe OX. Le centre C' du cercle auxiliaire se trouve dans ce cas sur la droite parallèle à OX et passant par A'_0.

A partir de là la construction ne diffère guère de la précédente.

V. GENKIN,
Ingénieur du service électrique à la Société du Gaz et de l'Électricité de Marseille.

Sur les abaques relatifs au calcul de la résistance des conducteurs associés en parallèle

A propos de l'article de M. Castex, publié dans le numéro du 23 mars 1918. t. III, p. 424-426, nous avons reçu les deux lettres ci-dessous.

J'ai lu avec intérêt dans votre numéro du 23 mars la note de M. Castex relative à la construction par abaque de la formule

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}, \text{ etc.}$$

Voici deux autres solutions de la même question.

La première est tirée de l'ouvrage de M. Runge « Graphical Methods ». Portons sur une droite (fig. 1) une graduation représentant les inverses des abscisses des points gradués, c'est-à-dire inscrivons n à côté du point d'abscisse $\frac{1}{n}$. Supposons construites deux échelles identiques

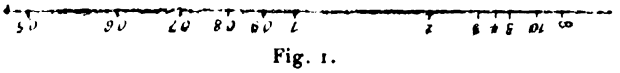


Fig. 1.

Digitized by Google

suivant ce procédé, supposons-les indépendantes, et plaçons-les bord à bord dans une position quelconque (fig. 2) ; soient

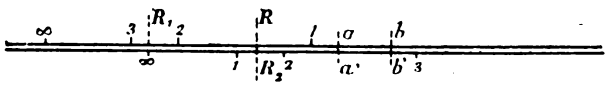


Fig. 2.

a, a' ; b, b' deux groupes de graduations en contact. On a évidemment

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{a'} - \frac{1}{b'},$$

ou

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b'} = \frac{1}{b} + \frac{1}{a'}.$$

Notamment, si b' est infini, on aura

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{b} + \frac{1}{a'}.$$

On amènera donc $b = R$, en face de $b' = \infty$, et on lira $R = a$ en face de a'. On peut continuer de proche en proche en calculant

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2},$$

$$\frac{1}{R''} = \frac{1}{R'} + \frac{1}{R_3}, \text{ etc.}$$

Le procédé peut se généraliser et permet de résoudre, quelles que soient les fonctions f et g l'équation

$$f(a) - f(b) = g(c) - g(d),$$

dans laquelle trois des quatre nombres a, b, c, d, sont donnés. La règle à calcul correspond à

$$f(x) = g(x) = \log x.$$

Voici un autre procédé qui ne diffère pas essentiellement de celui de M. Castex : le procédé de Lallemand permet de passer de l'un à l'autre (voir mes *Leçons de mathématiques générales*, p. 495).

Soient deux axes de coordonnées (rectangulaires ou à 120°, ou quelconques). Portons $OA = R_1$ $OB = R_2$ (fig. 3), la droite A B a pour équation

$$\frac{x}{R_1} + \frac{y}{R_2} = 1 ;$$

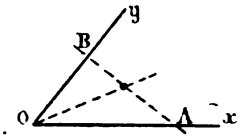


Fig. 3.

son intersection avec la droite $x = y$ a pour abscisse R tel que

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R}.$$

Avec des axes rectangulaires (fig. 4), il suffira de graduer la bissectrice de leur angle avec une échelle $\sqrt{2}$ fois

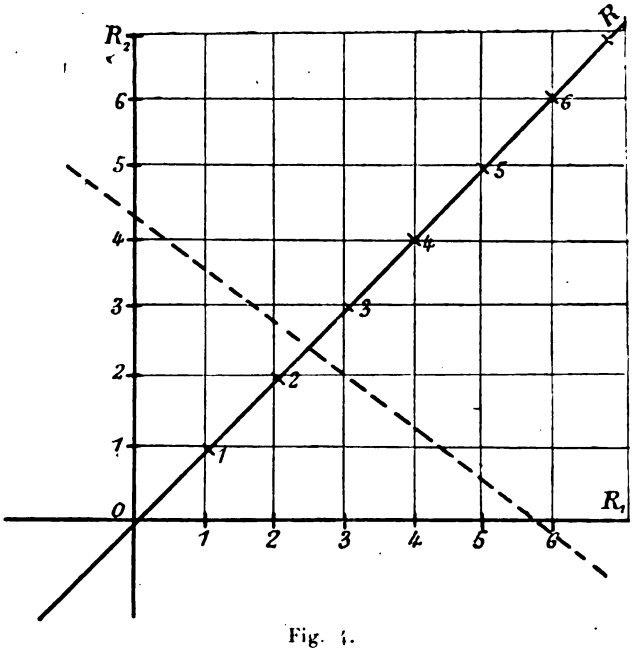


Fig. 4.

plus grande que celle adoptée pour Ox et Oy. L'avantage du choix de l'angle de 120° pour les axes (procédé Castex) est plus apparent que réel ; car le pivotement de la bande de papier — à laquelle je préfère d'ailleurs le transparent avec droite tracée à l'encre — est bien illusoire.

L. Zoretti,
Directeur de l'Institut technique de Normandie.

A la suite de la publication de l'ingénieux abaque de M. Castex, dans la « R. G. E. », il n'est peut-être pas sans intérêt de rappeler aux lecteurs de la Revue qu'un procédé graphique, également très simple, a été proposé dès 1895, dans un but analogue, par M. W.-E. Wines (1).

Voici, en peu de mots, le procédé en question :

Aux points P et P' d'une même horizontale, élevons deux perpendiculaires dont les longueurs MP, M'P' mesurent respectivement les résistances r et r' (la distance PP' étant d'ailleurs arbitraire).

Tirons les diagonales MP' et M'P ; elles se coupent en un point N dont la cote, par rapport à PP', mesure la résistance *réduite* cherchée $\frac{rr'}{r+r'}$, ainsi que cela résulte des propriétés les plus élémentaires des triangles semblables.

Bien entendu, dans le cas de plus de deux résistances en parallèle, la construction de M. W.-E. Wines s'applique très facilement ; il suffit d'opérer de façon successive.

Elle est également commode pour résoudre d'autres problèmes : mise en parallèle de condensateurs, calculs d'optique sur les lentilles, etc.

Notons, enfin, qu'un ingénieur américain, M. H.-C. Stanley, vient de retrouver très récemment cette même construction (1).

J. Bethenod.

(1) Cf *L'Eclairage électrique*, 22 juin 1895, t. III, p. 565 (reproduit d'après *The Electrical Engineer*).

(1) Graphical Representation of Resistances and Reactances in Multiple. *General Electric Review*, février 1918, p. 133.

Digitized by Google

Calcul des canalisations d'un réseau électrique

Dans cette courte note, l'auteur donne le principe du mode de calcul qu'il emploie pour la détermination rapide des canalisations électriques.

La méthode suivante est très aisée à appliquer, quels que soient la complexité du réseau et le nombre des dérivations. Elle conduit, principalement pour les réseaux aériens, au poids de cuivre minimum.

Pour calculer la section d'une canalisation il faut connaître : la longueur, l'intensité du courant, la chute de tension par unité de longueur.

Les longueurs des différentes parties du réseau et les intensités aux points d'utilisation sont naturellement connues; il reste à trouver, pour les différentes parties du réseau, les chutes de tension par unité de longueur.

Soient V_0 la tension à l'origine, V_u la tension minimum d'utilisation, D_1 la distance à l'origine du point d'utilisation le plus éloigné.

Soit P_1 (fig. 1) ce point le plus éloigné. S'il était le seul point d'utilisation la chute de tension par mètre serait

$$e_1 = \frac{V_0 - V_u}{D_1}.$$

Revenons du point P_1 vers

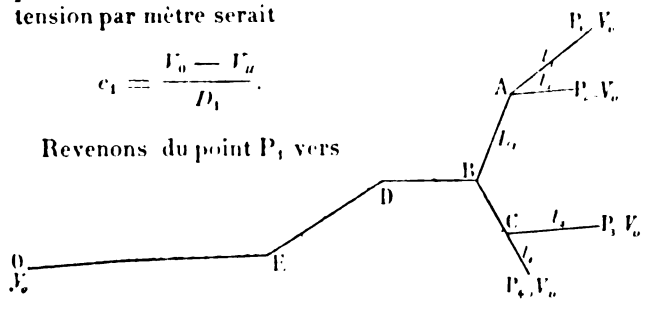


Fig. 1.

l'origine jusqu'à la première bifurcation que nous rencontrons. Soit A cette bifurcation.

La chute de tension par mètre pour la ligne A P_1 sera e. Nous pouvons donc calculer la section de cette ligne. Bien entendu, il faut que la section ainsi trouvée soit une section commerciale et telle que la densité du courant ne soit pas exagérée.

Si la section choisie est voisine de la section théorique donnée par la loi d'Ohm, la tension en A sera

$$V_A = V_u + e_1 \times l_1,$$

l_1 étant la distance de A à P_1).

Si, pour satisfaire aux conditions d'échauffement, il est nécessaire de prendre une section plus forte, nous calculerons la nouvelle perte en ligne de A à P_1 et nous obtiendrons une nouvelle valeur de V_A.

Soit de toute façon V_A la tension en A, soit A P_2 une autre dérivation partant de A la chute de tension par unité de longueur sera

$$\frac{V_A - V_0}{l_2},$$

l_2 étant la distance de A à P_2), d'où la section de cette dérivation.

Du point A revenons vers l'origine. Soit B le premier point de bifurcation rencontré.

Soient L_1, la distance de A à B, L_B la distance de B à l'origine, la tension en B devra être

$$V_B = V_0 - \frac{V_0 - V_u}{D_1} \times L_B = V_0 - L_B \times e_1,$$

et la chute de tension par unité de longueur pour la ligne A B sera

$$\frac{V_B - V_A}{L_1},$$

l'intensité étant la somme des intensités partielles des courants émanant de A.

B est maintenant l'origine d'un réseau secondaire pour lequel nous agirons comme pour le réseau principal. Si P_3 est le point le plus éloigné de B et D_2 la distance de B à P_3, la chute de tension par unité de longueur du réseau secondaire sera

$$\frac{V_u - V_B}{D_2} = e_2.$$

C'est d'après cette chute de tension que nous calculerons la section de la ligne C P_3 alimentant le point P_3. Puis nous calculerons V_C comme nous avons plus haut calculé V_A.

Soit P_4 un autre point d'utilisation alimenté par une dérivation partant de C, la chute de tension par unité de longueur pour la ligne C P_4 sera

$$\frac{V_u - V_C}{l_4},$$

(l_4 étant la distance de C à P_4) et ainsi de suite en prenant successivement tous les points de dérivation et les réseaux secondaires.

Lorsqu'il s'agit d'un réseau à courant alternatif, on peut généralement négliger les phénomènes d'induction et de capacité propres au réseau, mais il faut tenir compte du facteur d'impédance des appareils d'utilisation si ce facteur est différent de l'unité. Il suffira, dans le calcul des sections, de remplacer l'intensité i par $\frac{i}{\cos \varphi}$.

M. Jacques,
Ingénieur des Arts et Manufactures, Béthune.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Les ondes vagabondes dans les canalisations aériennes et dans les câbles (1).

Dans cette étude, l'auteur a examiné comment varie la forme du train d'onde avec la grandeur de la tension au moment de la fermeture, avec la forme des contacts des interrupteurs, avec la nature de l'interrupteur, à l'air libre ou dans l'huile. Il a de plus déterminé l'allure du train d'onde dans les câbles ainsi que lors du passage d'un câble à une canalisation aérienne; enfin, il a recherché dans quelle mesure se produit l'aplatissement d'un train d'onde dans les canalisations aériennes et dans les câbles. Les résultats obtenus sont les suivants:

1° Lorsque la tension d'utilisation au point de fermeture augmente, la tension d'onde s'aplatit.

2° L'amplitude du train d'onde est plus grande de 25 à 40 pour 100 avec les interrupteurs à huile qu'avec les interrupteurs dans l'air.

3° Les contacts à bords vifs produisent des ondes de surtension à amplitudes plus grandes que les contacts en forme de boules.

4° On a constaté que l'amortissement était considérable, aussi bien pour les canalisations aériennes que pour les câbles. Dans des essais effectués sur une canalisation aérienne, l'influence du train d'onde après un parcours de 150 m était à peine encore sensible; dans ceux effectués sur un câble, après un parcours de 200 m, l'amplitude du train d'onde était réduite au cinquième de sa valeur primitive.

5° Lors du passage du train d'onde d'un câble dans une canalisation aérienne, il y a renforcement de la longueur du train d'onde par suite de l'augmentation de vitesse.

6° Des essais effectués sur des résistances, placées sur le parcours des trains d'ondes, ont prouvé que la valeur des résistances en silite ou en carborundum diminue fortement sous l'influence des ondes vagabondes et que, par contre, avec des résistances bobinées en fil, il se produit une considérable augmentation apparente de la valeur de la résistance, par suite d'un effet de self-induction.

Dans tous ces essais, les tensions furent mesurées au moyen d'éclateurs à boules, après qu'on se fut rendu compte que, même pour des variations de tension aussi rapides, le retard à la décharge pouvait être suffisamment limité en utilisant une rupture à intervalles multiples pour l'interrupteur et en projetant sur l'intervalle d'éclatement de la lumière ultra-violette qui était produite par une lampe à arc, dont l'arc flamme était distant de 15 cm des boules de l'éclateur.

Les mesures furent faites sur deux lignes disposées de la manière indiquée sur la figure 1; l'une se composait de deux fils de cuivre de 8 mm de diamètre courant parallèlement sur une longueur de 128 m, la distance entre les axes des fils étant de 21 cm; l'autre de deux fils de cuivre de 10 mm de diamètre sur une longueur de 22 m, la distance entre axes des fils étant de 24 cm. Ces constantes étaient choisies de manière que les deux canalisations présentent la même résistance totale au passage de l'onde, environ 480 ohms. La plus courte pouvait être mise en série avec la première par des raccords de 1 à 2 m de longueur et cela soit au commencement soit à la fin de la plus longue canalisation. Comme le réprésente la figure 1, les deux canalisations formaient un ensemble de deux boucles, chaque boucle ayant un écartement entre fils de 94 cm. L'une des boucles, constituée par les fils A_2 et E_2 était constamment reliée à une batterie de condensateurs; on produisait le train d'onde en fermant la seconde boucle (A_1 — E_1) sur l'éclateur A_1. Pour déterminer l'amplitude du train d'onde, on mesurait la tension Δ entre les points P_1 et P_2 pour différentes longueurs de la boucle, ce qui permet, non pas de mesurer les ordonnées de la courbe d'onde, mais d'obtenir des points de comparaison

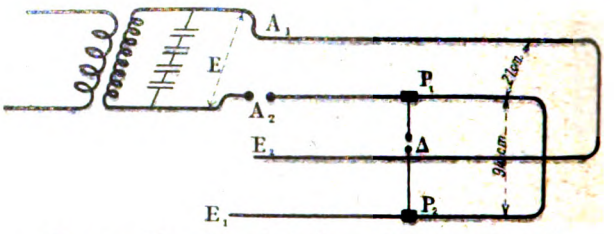


Fig. 1. — Disposition de la ligne aérienne ayant servi à l'étude des ondes vagabondes.

entre ces ordonnées et des indications sur le développement en longueur du train d'onde.

En donnant à la boucle différentes longueurs et aux boules des écartements de 0,2, 0,5, 1, 2, et 5 mm et des diamètres de 5, 10, 20 et 50 mm, l'auteur a déduit des valeurs correspondantes de Δ, tension entre P_1 et P_2, les tensions E nécessaires pour amorcer l'éclateur, irradié ou non par de la lumière ultra-violette. Tous les résultats sont ensuite exprimés en fonction de $\frac{\Delta}{E}$; ils sont contenus dans des tableaux et des courbes qui se rapportent aux essais suivants.

a) *Essais pour montrer la dépendance de la forme du train d'onde et de la grandeur de la tension d'essai.* — Résultat. Le rapport $\frac{\Delta}{E}$ diminue lorsque la tension d'essai augmente, ce qui veut dire que les ondes sont plus aplaties au fur et à mesure que la tension d'essai augmente. On mettait la canalisation de 22 m en série avec celle de 128 m, mais avant cette dernière et on mesurait Δ sur la canalisation de 22 m.

b) *Essais pour montrer que les ondes s'aplatissent fortement au fur et à mesure que l'onde s'éloigne du point de formation.*

c) *Influence de la forme des contacts sur la forme du train d'onde.* — Résultat. Les valeurs des rapports $\frac{\Delta}{E}$ sont indépendantes de E de 2 à 50 kv, mais augmentent assez fortement avec les contacts à couteaux par rapport aux contacts à boules; la différence, toutefois, n'a pas une importance pratique.

d) *Essais pour comparer les rapports $\frac{\Delta}{E}$ lorsqu'on emploie les interrupteurs à air et les interrupteurs à huile.* — Les valeurs de $\frac{\Delta}{E}$ sont avec les interrupteurs à l'huile plus élevées de 25 à 40 pour 100 qu'avec les interrupteurs dans l'air. Il doit se produire avec ceux-ci, sous l'effet des étincelles, une atmosphère gazeuse qui favorise les disruptions ultérieures.

(1) Ludwig Binder. *Elektrotechnische Zeitschrift* t. XXXVIII, 26 juillet 1917, p. 381 et 2 août 1917, p. 395, 2 500 mots, 18 fig.

Digitized by Google

e) *Essais permettant d'étudier comment varie en grandeur l'amplitude du train d'onde avec la valeur de la tension d'essai.* — Le rapport $\frac{\Delta}{E}$. Δ étant mesuré aux extrémités de la boucle maximum longue de 150 m, augmente quand E augmente. Les valeurs de ce rapport restent au-dessous de 100 pour 100 pour les plus basses valeurs de la tension, mais s'approchent de cette valeur pour des tensions atteignant 45 kv.

f) *Etude de la variation du rapport* $\frac{\Delta}{E}$ *avec la distance entre les deux conducteurs d'une même boucle* (fig. 1). — En faisant varier cette distance de 9,4 cm à 1,21 cm, on trouve que le rapport $\frac{\Delta}{E}$ diminue en même temps que la distance et si l'on suppose que la distance décroît comme une fonction logarithmique, la courbe représentant $\frac{\Delta}{E}$ en fonction des distances des deux conducteurs de la boucle tend vers une valeur limite lorsque cette distance tend vers l'infini; cette valeur limite est d'environ 71 pour 100.

g) *Mesures pour montrer comment se comportent vis-à-vis des trains d'onde les différentes résistances de protection.* — Résultat des essais faits sur une résistance en silite — 10 000 ohms — forme cylindrique, longueur 100 mm, diamètre 300 mm. La résistance utile (R) est extraordinairement petite en comparaison de la résistance usuelle sous courant continu ou alternatif; elle ne correspond qu'au cinquantième environ de la valeur normale. Cette propriété fait que les résistances en silite sont parfaitement convenables pour être utilisées comme résistances de protection mises en parallèle avec une bobine, par exemple, la bobine des relais des interrupteurs à huile. Par contre, ces résistances conviennent peu comme résistances de protection en série.

Résistances bobinées en fil — 1 900 ohms — 53 m de fil enroulés sur un cylindre en porcelaine de 4,2 cm de diamètre et 14 cm de longueur. La valeur de la résistance utile paraît être, d'après les mesures effectuées, de deux à huit fois celle de cette résistance sous courant continu.

En réalité, ce n'est probablement pas une augmentation de la résistance ohmique, mais un effet de la self-induction.

Résistances formées de bandes métalliques ondulées. Le fil épouse, dans ces résistances, la forme d'une courbe ondulée, comme le fil dans un tissu; les différentes ondulations sont maintenues par des ligatures transversales. On intercale de telles résistances en avant des parafoudres à cornes.

Des essais effectués sur une telle résistance de 320 ohms normalement (longueur du fil 160 m, largeur de la bande, 200 mm, intervalle entre fils, 2 mm) ont donné les résultats suivants : tension d'essai $E = 17$ kv; tension aux bornes de la résistance $0{,}35\ E$; résistance, 500 ohms, c'est-à-dire 1,6 fois la valeur normale.

II. — Cables. — Les câbles se distinguent des canalisations aériennes par leur faible résistance au passage des ondes vagabondes; c'est, du reste, pourquoi le courant de charge d'un câble est très grand vis-à-vis de celui d'une canalisation aérienne. Dans l'exemple précédent, la canalisation aérienne décrite avec $Z = 480$ ohms demandait pour sa charge 30 A; dans l'exemple suivant Z était égal pour l'ensemble des câbles à 60 ohms et le courant de charge était égal à 240 A.

Mesures sur les câbles. — Les mesures sont ici beaucoup plus délicates, parce qu'il est difficile d'établir les points P_1 et P_2 et que, d'autre part, il n'est pas possible de constituer avec le câble des boucles à petite courbure. Toutefois, pour les mesures de la pratique, il suffit de connaître la chute de tension sur des boucles ayant quelques mètres de longueur. Le mode opératoire était le suivant (fig. 2). Deux tronçons de câble à 3 conducteurs constitués chacun par 7 fils de 2 mm de diamètre (diamètre de chaque câble, isolement compris, 14 mm, diamètre intérieur de l'armature en plomb, 38 mm) étaient placés parallèlement l'un à l'autre à une distance de 10 cm; la longueur de chaque tronçon était de 1,4 m; les deux tronçons étaient reliés par une de leurs extrémités; l'armature en plomb était prolongée sur le tronçon de jonction et les joints étaient remplis de matière isolante. Les prises de contact se faisaient de la façon

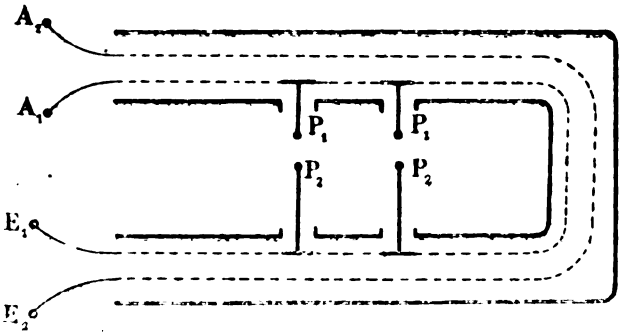


Fig. 2. — Disposition des câbles ayant servi aux expériences sur les ondes vagabondes.

suivante : en quatre points différents, on ouvrait l'armature en plomb, on enlevait l'isolant jusqu'à l'âme (fig. 2); dans le trou formé, on introduisait une tige à bout fileté et on remplissait le tout de masse isolante. Les points de mesure correspondaient à des longueurs de boucles de 0,7 m et de 1,4 m; la longueur totale entre le commencement et la fin était de 2,8 m. Les mesures ont été effectuées en trois séries distinctes : la première série porta sur la longueur de 2,8 m; puis on ajouta une longueur de 200 m de câble à la suite; les valeurs trouvées pour $\frac{\Delta}{E}$ furent pratiquement les mêmes dans les deux cas.

Enfin, dans une troisième série de mesures, on plaçait la boucle comportant les points P_1 et P_2 à la fin du tronçon de 200 m.

Dans les deux premiers cas, le rapport $\frac{\Delta}{E}$ croît encore avec la tension d'essai, les valeurs réelles trouvées sont égales environ aux deux tiers de celles mesurées dans les canalisations aériennes.

Dans le troisième cas, malgré l'emploi de la plus haute tension admissible 11 kv et la plus petite distance d'éclatement de l'éclateur à boules (0,1 mm, diamètre des boules 5 mm), cet éclateur ne fonctionnait pas. Dans ces conditions, le rapport $\frac{\Delta}{E}$ devenait inférieur à 6 pour 100, c'est-à-dire plus petit que le quart de sa valeur à l'entrée du tronçon de 200 m; ceci prouve que, même sur des longueurs relativement faibles, les ondes vagabondes sont fortement amorties par leur passage dans les câbles et que leur amplitude diminue très rapidement. Les isolants des câbles, soumis aux phénomènes de haute fréquence, sont loin de se comporter comme le diélectrique idéal de la théorie. La même constatation se fait du reste pour les bobinages des machines.

Naturellement, pour réussir les expériences décrites ci-dessus, il faut que les condensateurs branchés en paral-

Digitized by Google

lèle avec le transformateur aient une capacité beaucoup plus grande que celle du câble à mettre en circuit. Dans le cas actuel, la capacité des condensateurs était de 0,46 microfarad, celle du câble de 0,018 microfarad, c'est-à-dire 1/26 de la valeur précédente.

III. — Cas d'un cable réuni a une canalisation aérienne. — Dans une première série d'essais, on réunit la boucle en câble de 2,8 m avec une canalisation aérienne de 10 m de longueur. Les résultats furent les suivants : au moment du passage d'un train d'onde du câble à la canalisation aérienne, les différents points du train d'onde augmentent leur amplitude qui atteint 1,8 fois l'amplitude des points correspondants du train d'onde dans le câble. Pour ce dernier, par exemple, pour une boucle de 2 m de long, on trouve un rapport $\frac{\Delta}{E} = 13$ pour 100; 1,8 fois 13 pour 100 est égal à 23,5 pour 100; cette valeur est atteinte dans la canalisation aérienne pour une boucle de 3,4 m de longueur; au moment du passage du câble dans la canalisation aérienne, le train d'onde s'allonge dans le rapport de 3,4 à 2, c'est-à-dire que sa longueur devient égale à 1,7 fois sa longueur dans le câble. L'allongement étant égal au rapport des vitesses, si on appelle v_2 la vitesse du train d'onde dans la canalisation aérienne et v_1 la vitesse de ce train d'onde dans le câble, on a la relation $\frac{v_2}{v_1} = 1,7$; en supposant la vitesse v_2 dans la canalisation aérienne égale à 295000 km : sec, la vitesse dans le câble v_1 devient égale 174000 km : sec. Von Fassbender avait trouvé par une autre méthode (*Archiv. für Elektrotechnik*, t. II, 1914, p. 529) 170000 km : sec en déterminant la fréquence.

Dans une seconde série de mesures, on reliait le tronçon de câble de 200 m de longueur avec une canalisation aérienne de 150 m. Les résultats furent les suivants : le train d'onde a pris au passage dans la canalisation aérienne un très grand étalement; en effet, lorsqu'il a parcouru 4 m dans la canalisation aérienne seule, on trouve, d'après les essais précédents, que le rapport $\frac{\Delta}{E}$ est égal à 27 pour 100, tandis que dans l'essai actuel la même valeur n'est atteinte que pour une distance de 20 m, ce qui indique un allongement de la longueur du train d'onde égal à 5 fois sa longueur dans le câble. Les mesures confirment que, pour une longueur de câble de 200 m, l'amplitude a considérablement diminué et, qu'à la fin du tronçon, elle n'est plus que le cinquième de la valeur à l'entrée. Les réseaux de câbles se protègent donc eux-mêmes contre l'extension des ondes vagabondes. E. P.

Application du galvanomètre à cadre mobile à la mesure de la viscosité des fluides.

Dans le numéro du 18 mai dernier, nous signalions, p. 714, dans le compte rendu de la séance du 3 mai de la Société française de Physique, une ingénieuse méthode de M. A. Guillet pour la mesure de la viscosité des liquides en la comparant à la « viscosité » qui se manifeste dans les phénomènes d'induction. Le Bulletin n° 113 de la Société donne sur cette méthode les renseignements suivants :

M. A. Guillet applique à la mesure d'un moment de viscosité et d'une inertie apparente une *méthode de substitution*, analogue à celle, si universelle dans son principe, imaginée par Borda pour la mesure des masses.

Il rappelle d'abord que tous les phénomènes d'induction manifestent une sorte de viscosité dont il est facile de faire varier le degré, la grandeur, d'une manière continue : *dans le cas du galvanomètre d'Arsonval*, pour une faible déviation et pour un circuit comportant une constante de temps négligeable, par exemple, le mouvement $\theta = f(t)$ du cadre engendre un couple amortissant de moment

$$\mathfrak{M} = g^2 \mathcal{C} \frac{d\theta}{dt},$$

g étant la constante de l'appareil et $\mathcal{C}$ la *conductance* du circuit.

$\mathcal{C}$ variant d'une manière continue entre $\mathcal{C}_0$ et $\mathcal{C}_1$, $\mathfrak{M}$ prend toutes les valeurs comprises entre $\mathfrak{M}_0$ et $\mathfrak{M}_1$.

Si l'on applique à l'équipage un moment inconnu de la forme

$$X \frac{d\theta}{dt}, \qquad (1)$$

il faudra, pour restituer au système son mouvement antérieur $\theta = f(t)$, porter la conductance de la valeur $\mathcal{C}$ à une certaine valeur $\mathcal{C}'$ et par suite diminuer $\mathfrak{M}$ de

$$g^2(\mathcal{C} - \mathcal{C}') \frac{d\theta}{dt}.$$

Comme le rôle du moment supprimé est rempli par le moment appliqué (1), on a

$$X = g^2(\mathcal{C} - \mathcal{C}').$$

Il est particulièrement commode de choisir, comme mouvement à reproduire, le *mouvement critique ;* on sait qu'alors et dans les conditions où l'emploi de l'équation classique

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} + g^2 \mathcal{C} \frac{d\theta}{dt} + C\theta = 0$$

est légitime, on a

$$g^4 \mathcal{C}^2 - 4 J C = 0, \qquad (2)$$

relation indépendante de l'écart et de la vitesse de l'équipage au départ.

On dévie l'équipage à l'aide d'un courant auxiliaire et on le libère lorsqu'il est au repos de façon à éviter toute perturbation due aux mouvements parasites. Si i est l'intensité de ce courant et θ la déviation, la constante g se trouve donnée par la relation

$$g i = C\theta.$$

La détermination de l'état critique est précise et rapide.

On ramène le fil inférieur du cadre d'Arsonval vers le centre du cadre et on le relie à une tige fixe coudée se terminant dans la même région, et cela de façon à libérer la base du cadre. Dans le cas de mesures concernant un fluide, un étrier muni, d'une part, d'un disque horizontal et, d'autre part, d'une cupule pouvant recevoir une bille massive de moment d'inertie α connu par rapport au fil de suspension est rendu solidaire du cadre. Il est, en effet, à considérer que non seulement le fluide applique un couple résistant à l'équipage, mais encore qu'il en fait varier l'inertie apparente. On est ainsi conduit à effectuer deux mesures portant l'une sur le coefficient X du couple amortissant et l'autre sur une variation apparente Y de l'inertie.

On réalisera les états critiques répondant aux cas suivants : 1° le disque est hors du liquide; 2° l'étrier reçoit la sphère : 3° le vase renfermant le fluide est soulevé de façon que le disque Y soit immergé; 4° la bille est enlevée; et l'on calculera X et Y à l'aide des équations (2) correspondantes. Les deux premières mesures fournissent en réalité J et C, constantes que l'on tirera, pour contrôle, de l'étude du mouvement oscillatoire de l'équipage

$$J = \alpha \frac{T^2_0}{T^2_1 - T^2_0}, \qquad C = \frac{4\pi^2 \alpha}{T^2_1 - T^2_0}.$$

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Les économies de combustible obtenues par l'emploi du charbon pulvérisé

Dans deux articles précédemment parus dans cette revue, l'auteur s'est efforcé de montrer quels avantages les usines génératrices d'électricité trouveraient en distillant le combustible employé par elles, au lieu de continuer à le brûler sous des chaudières; il donne aujourd'hui un résumé des méthodes suivies, principalement en Amérique, pour tirer tout le profit possible des charbons bitumineux à forte teneur en cendres et des charbons anthraciteux, par leur combustion, sous forme de charbon pulvérisé.

I. — Dans un précédent article (1), nous avons essayé de montrer que les usines génératrices d'électricité utilisant des charbons à faible teneur en cendres et à forte et moyenne teneur en matières volatiles trouveraient grand avantage, à cause de la récupération des sous-produits de la distillation de la houille, à distiller le combustible plutôt qu'à le brûler brut sous des chaudières. Nous avons de plus établi que l'un des sous-produits obtenus par cette distillation, le goudron, pouvait être utilisé complètement, soit comme combustible direct à l'aide de brûleurs spéciaux, soit en le distillant lui-même et employant les huiles légères et lourdes obtenues comme combustibles dans des moteurs à explosion et dans des moteurs Diesel ou semi-Diesel, le brai, dernier résidu de cette distillation pouvant lui-même être brûlé à l'aide de ces mêmes brûleurs spéciaux. Nous allons aujourd'hui examiner comment on peut utiliser, pour le chauffage des chaudières fixes, les charbons à haute teneur en cendres et les charbons maigres, comme l'anthracite.

La méthode américaine admise le plus généralement pour l'utilisation de ces deux sortes de combustibles consiste à réduire ces charbons en poudre très fine, à injecter cette poudre au moyen d'air comprimé, dit air primaire, sous les chaudières, par des tuyères munies de brûleurs appropriés; l'air secondaire nécessaire à la combustion complète étant amené d'autre part à l'intérieur de la chambre de combustion.

Il semble bien qu'après d'assez longs tâtonnements, on soit arrivé en Amérique à mettre au point des chaudières permettant d'utiliser rationnellement le charbon en poudre et à tirer profit, de cette manière, de charbons considérés auparavant comme difficilement utilisables et même à récupérer une assez grande quantité de combustible des crassiers des houillères : divers essais faits aux États-Unis (2) ont en effet montré que, dans certains cas, on pouvait obtenir des résultats intéressants en triant convenablement les blocs de stérile amassés dans les crassiers des houillères. Naturellement, il ne peut être question d'employer tel quel le combustible obtenu, même pulvérisé, il faut lui faire subir une préparation spéciale. Les blocs de stérile choisis sont d'abord passés dans des broyeurs, le combustible ainsi réduit est lavé pour éliminer la plus grande partie de la gangue. On peut utiliser le charbon restant soit dans des cornues à gaz, soit en lui faisant subir une pulvérisation complète, sous des chaudières fixes comme nous le verrons plus loin. On a ainsi constaté dans certains cas que, de 115 t de cette matière non lavée, on pouvait retirer 60 t de gailleteries numéros 1, 2, 3 et 40 t de menus. A l'analyse, l'ensemble du charbon obtenu contenait environ 25 pour 100 de cendres (1).

Nous examinerons le cas de l'utilisation sous des chaudières comme combustible pulvérisé des charbons à forte teneur en cendres, en supposant que le premier concassage et le lavage indiqués ci-dessus ont été faits dans un premier cycle d'opérations et qu'on a à sa disposition des charbons contenant de 17 à 25 pour 100 de cendres.

II. — La transformation du charbon en charbon pulvérisé et l'utilisation de ce dernier donnent lieu à toute une série d'opérations intermédiaires, dont les principales sont les suivantes, dans l'ordre des opérations :

1° Le concassage;
2° Le séchage;
3° La pulvérisation proprement dite;
4° Le transport du charbon pulvérisé;
5° La distribution du charbon pulvérisé;
6° La combustion sous des chaudières spéciales;
7° L'organisation d'un important dépôt de charbon à pulvériser.

Nous allons examiner rapidement les différentes installations correspondantes en indiquant les dispositions

(1) *R. G. E.* 12 janvier 1918, t. III, n° 2, p. 61.
(2) *General Electric Review*, août 1917, t. XX, n° 8, p. 615.

(1) *General Electric Review*, septembre 1917, t. XX, n° 9.

Digitized by Google

essentielles prises dans les installations de ce genre déjà faites, surtout en Amérique. (1)

1° *Installation du concassage.* — Cette installation n'a rien de spécial. Le charbon tel qu'il arrive de la mine est concassé dans des broyeurs à un cylindre de manière que tous les morceaux puissent passer à travers un tamis de un pouce (2,54 cm). S'il s'agit de pulvériser du charbon ordinaire à teneur en cendre normale, il n'y a naturellement pas lieu d'installer une laverie permettant d'éliminer la plus grande partie de la gangue ; s'il s'agit de pulvériser du charbon provenant, comme dit ci-dessus, des crassiers de houillères ou de charbons à haute teneur en cendres, il faut installer une laverie intermédiaire.

2° *Installation du séchage.* — Immédiatement après le concassage et le lavage, le charbon destiné à être pulvérisé, doit être séché. Ce séchage est absolument nécessaire, si l'on veut obtenir une température constante dans la chambre de combustion, ce qui est indispensable pour la bonne marche des chaudières correspondantes. Les sécheurs sont généralement des appareils du type rotatif : le charbon concassé est amassé au moyen d'un élévateur dans une trémie placée au-dessus du sécheur et passe directement par gravité dans ce dernier avec la plus grande régularité possible. Ces sécheurs sont généralement disposés de manière que les produits de la combustion, venant des chaudières, soient mis en contact, dans le sécheur, directement avec le charbon à sécher au moment où leur température est suffisamment diminuée pour ne pas produire l'inflammation du charbon. La température dans le sécheur doit toujours être juste suffisante pour enlever l'humidité et ne doit en aucun cas monter jusqu'à la valeur à laquelle commence le dégagement des matières volatiles. Il est bon, en général, d'adjoindre, soit avant le concasseur, soit après le sécheur un séparateur magnétique permettant d'éliminer du charbon à pulvériser toutes les particules de fer ou d'acier qu'il peut contenir.

3° *Installation de la pulvérisation proprement dite.* — En sortant des sécheurs, le charbon est repris par un second élévateur et recueilli dans un accumulateur à trémie, situé au-dessus de l'appareil pulvérisateur. Il est important que cet accumulateur ait une capacité suffisante pour permettre une alimentation très régulière du pulvérisateur, de manière que ce dernier ne puisse jamais fonctionner à vide. Cet accumulateur doit être étanche à la poussière, et le charbon doit y être en mouvement constant, pour éviter la combustion spontanée ou la combustion lente. Les pulvérisateurs de charbon sont en général des sortes de moulins verticaux ; ils doivent être capables de fonctionner d'une manière continue pendant plus de deux à trois mois sans arrêt même pour le graissage. Le charbon pulvérisé doit être tel que 95 pour 100 de la matière puisse passer par un tamis de 100 mailles. Généralement, des collecteurs de poussières sont installés pour recueillir les poussières de charbon formées dans les sécheurs et les pulvérisateurs.

4° *Installation des transporteurs de charbon pulvérisé.* — Il y a trois systèmes de transport pour le charbon pulvérisé ; l'application de ces systèmes dépend de la distance à faire parcourir à la matière et de la quantité de charbon à transporter par heure. Dans les installations dont la capacité ne dépasse pas environ 50 t par jour, on utilise principalement les transporteurs à vis d'Archimède. Ces vis transporteuses sont enfermées dans des garnitures étanches à la poussière. Ce système de transport est celui qui consomme le moins d'énergie et, quand l'installation est convenablement faite, il ne se produit pas de poussières de charbon à l'extérieur.

Un autre système consiste à mettre le charbon pulvérisé en suspension dans un courant d'air ou de gaz inerte (généralement du gaz des carneaux). Naturellement, il faut débarrasser le fluide transporteur de l'eau qu'il peut contenir, et le refroidir, s'il y a lieu, afin de ne l'utiliser qu'à une température suffisamment basse pour éviter tout danger d'explosion. L'emploi de gaz des carneaux comme fluide transporteur semble devoir se

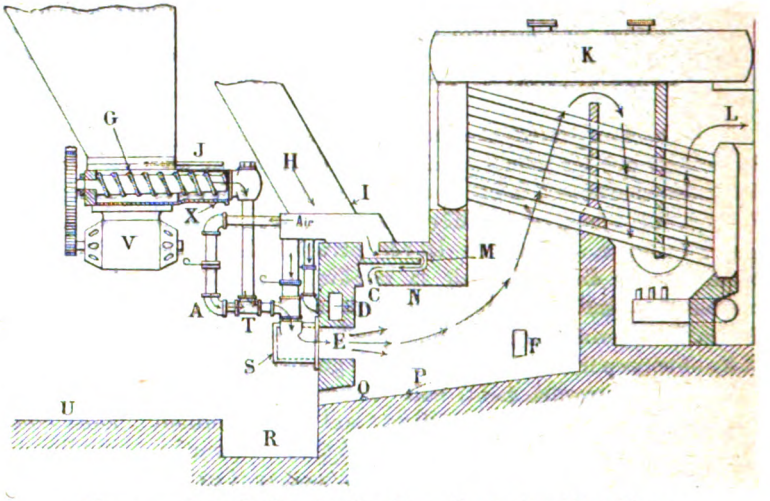


Fig. 1. — Installation de chauffage d'une chaudière Munoz au moyen de charbon pulvérisé.

A, ce tuyau peut être d'une longueur quelconque (100 pieds au plus), il peut être placé en sous-sol ou plus haut, il n'a pas pas besoin d'être rectiligne ; F, conduit d'air vu côté arrière ; G, réservoir de charbon ; H, air venant de la soufflerie ; I, tuyau relié à l'alimentation d'air ; J, registre de réglage pour l'arrivée du charbon ; K, réservoir de vapeur ; L, vers la cheminée ; M, réchauffeur ; N, voûte en briques ; P, Foyer ; Q, trou d'évacuation des cendres ; R, fosse à cendres ; S, brûleur : 6 brûleurs sur la longueur totale de la chaudière ; T, pièce en T pour l'aspiration ; U, niveau de plancher ; V, moteur, 600-1 800 t : m, 0,5 ch : 6 moteurs et 6 rigoles d'alimentation sur la longueur totale de la chaudière ; X, rigole d'alimentation.

(1) *General Electric Review*, décembre 1917, t. x, n° 12, p. 924.

Digitized by Google

généraliser. Ce gaz ne contient pas plus de 2 à 3 pour 100 d'oxygène. Avec ce système, il faut soigner particulièrement les joints des canalisations dans lesquelles circule le mélange ; il demande une consommation d'énergie plus considérable que le système précédent.

Le troisième système consiste à pousser le charbon pulvérisé dans des conduites au moyen de l'air comprimé. Ce système est utilisé surtout dans les transports à grande distance. Il faut prévoir des dispositifs spéciaux pour que la pression diminue automatiquement lorsque la masse de charbon poussée par l'air comprimé est arrivée au point voulu.

5° *Installation des distributeurs de charbon pulvérisé aux chaudières.* — Quel que soit le système employé pour le transport du charbon pulvérisé jusqu'au local des chaudières, ce charbon arrive généralement dans une ou plusieurs trémies étanches placées sur le devant des chaudières (fig. 1) ; de ces trémies il est repris par une vis d'Archimède qui amène le charbon pulvérisé

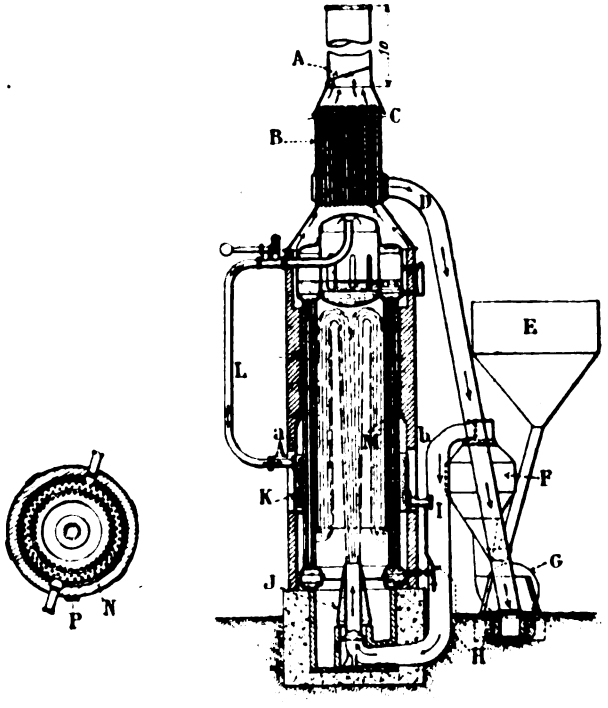


Fig. 2 et 3. — Chauffage d'une chaudière verticale Bettington au moyen de charbon pulvérisé.

A, registre ; B, réchauffeur d'air ; C, entrée de l'air au réchauffeur ; D, air chaud vers la soufflerie du pulvérisateur ; E, trémie de charbon ; F, chambre de dépôt des poussières ; G, pulvérisation et soufflerie ; H, surchauffeur, tuyau d'alimentation d'eau et tuyau de soufflage ; I, tuyau d'air chaud et tuyau d'alimentation ; J, chemise d'eau et collecteur de boues ; K, surchauffeur ; L, vers le surchauffeur ; M, briques réfractaires spéciales ; N, briques spéciales formant la chambre de combustion ; P, porte de visite.

dans des tuyères munies de brûleurs où s'effectue l'allumage du mélange. L'air primaire qui transporte le charbon pulvérisé est injecté dans le centre de chaque tuyère à une distance de 1 m à 1,50 m de l'ouverture de la tuyère par une conduite de 5 cm de diamètre environ, sous une pression d'environ 0,4 d'atmosphère. L'air secondaire est injecté dans la tuyère au moyen de tubes d'acier de 25 cm environ de diamètre raccordés par des coudes de 45°. Cette disposition permet un mélange parfait de l'air et du charbon avant l'ignition. L'air secondaire est fourni à une pression correspondant à quelques millimètres de colonne d'eau [1].

6° *Installation des chaudières spéciales.* — La figure 1 représente la disposition d'une chaudière installée dans les ateliers de la General Electric Company à Shenectady. Cette chaudière construite pour une puissance de 500 ch est du type multitubulaire Munoz.

Les figures 2 et 3 donnent une représentation schématique d'une chaudière verticale Bettington de fabrication anglaise utilisée pour la combustion du charbon pulvérisé. La flamme est projetée verticalement dans une chambre de combustion en maçonnerie de briques réfractaires. Cette chambre de combustion est entourée par un faisceau tubulaire circulaire qui refroidit la maçonnerie. La température dans cette chambre de combustion est élevée et les cendres retombent dans une fosse située au bas de la chaudière.

La figure 4 représente le schéma d'une chaudière ins-

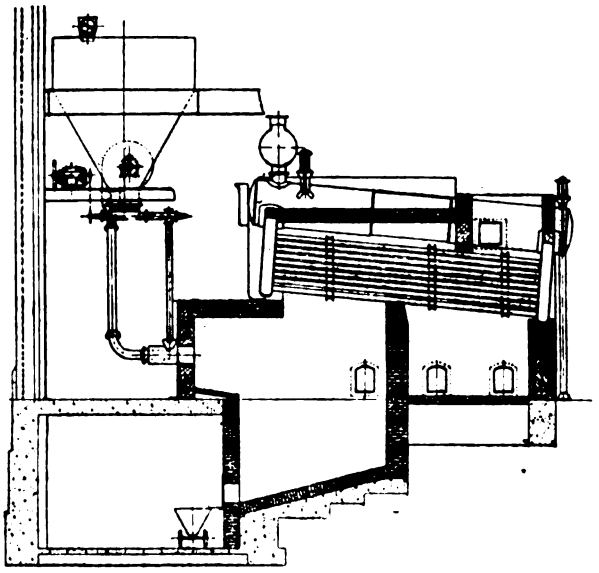


Fig. 4. — Chaudière O'Brien chauffée au charbon pulvérisé.

tallée dans les ateliers de la Missouri, Kansas and Texas Railroad and Parsons Co Kansas [2]. Une batterie de huit de ces chaudières du type O'Brien, construites chacune pour une puissance de 250 ch, permettent d'utiliser avec succès, sous forme de charbon pulvérisé, des charbons à forte teneur en cendres dont l'analyse moyenne a donné les résultats suivants :

Teneur en cendres, 26 pour 100 (limite supérieure) ;

[1] *General Electric Review*, août 1917, t. xx, n° 8, p. 623.
[2] *General Electric Review*, octobre 1917, t. xx, n° 10, p. 768.

Digitized by Google

Matières volatiles, 25 pour 100 (limite inférieure) ;
Sulfures, 7,5 pour 100 (limite supérieure).

7° — *Installation du dépôt de charbon.* — L'installation du dépôt de charbon ne présente rien de particulier et peut être conçue comme celle des dépôts ordinaires, avec les engins de levage et de transport nécessaires pour l'alimentation facile des accumulateurs situés au-dessus des broyeurs ou des sécheurs.

III. — Nous n'avons envisagé jusqu'ici que l'utilisation, sous forme de charbon pulvérisé, de houilles à fortes teneurs en cendres, mais également à grande et à moyenne teneur en matières volatiles. Il semble qu'on puisse employer aussi l'anthracite sous forme d'anthracite pulvérisé. La difficulté qu'on a rencontrée jusqu'ici consiste en ce que, pour enflammer la poudre d'anthracite, même mélangée à des poudres de charbon bitumineux, il faut maintenir dans le foyer une température plus élevée que celle correspondant au point de fusion de la maçonnerie réfractaire ordinaire, ce qui nécessite des réparations continuelles et coûteuses. Il semble, toutefois, que les chaudières verticales Bettington signalées plus haut sont tout à fait appropriées à la combustion de l'anthracite pulvérisé. Il est, en effet, plus facile avec ce type de chaudière de maintenir une température très élevée dans la chambre de combustion sans dommage pour la maçonnerie réfractaire, à cause de la présence du faisceau tubulaire circulaire qui soutient et refroidit cette maçonnerie.

IV. — En résumé, l'utilisation sous des chaudières fixes, sous forme de charbon pulvérisé, semble être arrivée actuellement dans la période de réalisation pratique, même pour des houilles à forte teneur en cendres qu'on ne saurait songer à distiller et pour l'anthracite. Naturellement, cette méthode conduit à des installations coûteuses et compliquées, mais, de l'avis général des ingénieurs américains qui ont étudié la question, il semble résulter que, malgré cette apparente complication, une installation de séchage et de pulvérisation de charbon, pour un combustible donné, ne coûte pas si cher qu'une installation de distillation pour ce même combustible.

Comme, d'une part, la méthode de pulvérisation permet d'utiliser des combustibles qu'on ne saurait distiller avec profit et que, d'autre part, elle ne permet pas, comme la méthode de distillation, de récupérer les sous-produits, quand on utilise des combustibles normaux, il semble bien que les deux méthodes se complètent pour permettre l'emploi le plus rationnel de la puissance calorifique mise par la nature à notre disposition.

Pour les combustibles à bon rendement, à faible teneur en cendres et à teneur forte et moyenne en matières volatiles, il semble qu'on ait intérêt à utiliser la méthode de distillation avec récupération et utilisation complète des sous-produits, ainsi que nous l'avons déjà préconisé.

Un exemple typique de la méthode de distillation est donné dans la « General Electric Review » (1) où a été décrite l'installation de la « Fushun Colliery and Power Plants of the South Manchuria Railway ».

Cette installation est établie de manière à distiller le charbon, extrait de la houillère, dans des fours à gaz Mond, à brûler le gaz produit sous des chaudières Babcock et Wilcox. Sur cinq de ces chaudières, une unité est spécialement équipée pour brûler le goudron, produit de la distillation. On récupère principalement comme sous-produit le sulfate d'ammonium ; le charbon extrait contenant 1,8 à 2 pour 100 d'azote.

La vapeur alimente des turbo-alternateurs et le courant est distribué aux installations de la mine, à une ligne de chemin de fer, à un réseau d'éclairage et à une usine de produits électrochimiques. L'air nécessaire à la production du gaz traverse d'abord un saturateur où il est chauffé et saturé au moyen de l'eau chaude provenant des refroidisseurs des fours. En quittant le saturateur, cet air est mélangé à la vapeur basse pression sortant des turbines et recueilli enfin dans la conduite d'air principale où il est distribué aux fours après avoir traversé des surchauffeurs alimentés par les gaz chauds sortant des foyers des fours.

Pour les combustibles à forte teneur en cendres, pour les charbons anthraciteux et les anthracites, on aurait, semble-t-il, intérêt à utiliser la méthode de pulvérisation. On arriverait ainsi, en appliquant dans chaque cas la méthode qui conduirait au meilleur rendement calorifique, à une utilisation presque parfaite des houilles mises à notre disposition et on éviterait, dans une large mesure, les gaspillages d'autrefois que les événements actuels et la rareté du combustible ont décelés de la manière la plus catégorique, aussi bien dans les méthodes industrielles de combustion du charbon que dans celles utilisées encore actuellement pour les charbons employés aux usages domestiques.

Signalons, pour terminer, aux lecteurs de cette Revue que la question intéresse, les différents articles parus dans la « General Electric Review » t. xx, août, septembre, octobre, novembre et décembre 1917 sous la rubrique « Methods for more Efficiency utilizing our fuel Resources » et dans lesquels ils trouveront sur cette question une documentation très complète et très intéressante.

E. PIERNET,
Ingénieur I. E. N., licencié ès sciences.

(1) *General Electric Review*, septembre 1917, t. xx, n° 9, p. 705.

Digitized by Google

Un mot sur l'électrification des grands chemins de fer aux États-Unis d'Amérique

A l'heure actuelle, la question de l'électrification des grands chemins de fer, ou son opportunité, fait encore l'objet de sérieuses controverses. C'est pourquoi, quelques faits recueillis aux Etats-Unis sont intéressants à signaler afin que soient dissipées les hésitations, en général peu fondées.

Avant-propos. — L'électrification des chemins de fer s'est considérablement développée aux Etats-Unis d'Amérique jusqu'en 1915.

Toutefois, les prédictions que la plupart des ingénieurs électriciens et des personnes qui ont assisté aux premieres expériences de traction électrique ont faites ne se sont pas accomplies.

Ces prédictions consistaient en ce que tous les chemins de fer à vapeur seraient électrifiés dans un avenir relativement rapproché.

Ces prévisions ne se sont pas réalisées parce qu'elles étaient basées sur une connaissance imparfaite de la grandeur de l'entreprise et sur une fausse évaluation de l'énorme somme d'argent nécessaire à son exécution.

La situation des électrifications américaines à fin décembre 1915 — la guerre européenne ayant beaucoup enrayé en 1916 les transformations de la traction à vapeur en traction électrique, a fortiori, en 1917! — est à peu près celle résumée ci-après.

En 1916 et 1917, en fait de transformation, il y a eu celles déjà signalées dans diverses revues techniques (voir la *Revue générale de l'Electricité* des 14 et 21 juillet 1917, t. II, p. 55 et 99, « La grosse traction aux États-Unis d'Amérique ») et qui concernent principalement le Chicago Milvaukee and Saint-Paul Railway et la ligne du Pennsylvania Railroad d'Altoona à Johnstown.

Mr. Norman Wilson Storer, General Engineer de la Westinghouse Electric and Mfg Co, East Pittsburgh, Pa (U. S. A.), que nous avons eu la bonne fortune de rencontrer à East Pittsburg en 1916, nous a résumé la situation avec beaucoup de clarté et de précision.

Mr. Storer, on s'en rappelle, est l'auteur d'un système de traction à courant continu sous 5000 v de tension au fil de travail qui, en 1916, fonctionnait d'ailleurs fort bien depuis plus d'un an sur une section des Michigan Railways (1).

I. — **L'expansion de l'électrification des chemins de fer.** — Des milliers de kilomètres de nouveaux chemins de fer électriques ont été construits au cours de ces dernières années; ils accomplissent, pour une grande part, un service semblable à celui des chemins de fer à vapeur, soit au moyen d'automotrices, soit avec des locomotives. Néanmoins, jusqu'à 1915, il n'avait été équipé aux États-Unis qu'un peu plus de 3000 km de voies de chemins de fer qui, auparavant, étaient exploitées à vapeur.

Bien que ces chiffres soient relativement faibles, ils comprennent cependant un ensemble d'installations dont la plupart se trouvent sur d'importantes lignes principales.

Ceci prouve que les avantages de la traction électrique sont également appréciés par les grandes compagnies et que les installations en exploitation sont simplement préliminaires à des développements plus importants, lesquels seront effectués dès que les données voulues du problème seront fixées, et qu'il sera prouvé que les extensions des électrifications pourront donner un rendement financier intéressant.

II. — **Motifs qui plaident en faveur de l'électrification.** — Les raisons qui, jusqu'à présent, ont fait adopter la traction électrique sont les suivantes :

1° L'élimination de la fumée et des gaz dans les longs tunnels;

2° L'augmentation de la capacité de transport et l'amélioration de la circulation du trafic autour des grandes gares;

3° L'accroissement de la capacité de transport pour les voyageurs et les marchandises des chemins de fer de montagnes;

4° Le prix élevé du combustible, d'une part, et le bon marché de l'énergie électrique provenant des chutes d'eau, d'autre part;

5° L'augmentation de la capacité de transport, une meilleure exploitation et un service plus régulier sur les lignes principales congestionnées;

6° La législation.

1. — Tunnels. — C'est un fait bien connu que l'usage des locomotives à vapeur dans les tunnels est accompagné de grands inconvénients pour les voyageurs et d'un certain danger pour la santé du personnel. Arrive-t-il qu'un train très lourd doive s'arrêter dans un long tunnel, le danger d'asphyxie existe réellement.

Un long tunnel de chemin de fer est, habituellement, le « goulot de la bouteille », c'est-à-dire l'endroit où la plus grande congestion de trafic existe, à raison des difficultés provenant de la fumée et des gaz. C'est pourquoi il ne doit pas nous surprendre de constater

(1) Voir *La Lumière électrique*, 21 octobre 1916, t. XXV, 2e série, p. 49.

Digitized by Google

que ce fut la cause de l'électrification de la plupart des chemins de fer utilisant la traction électrique.

Le Baltimore and Ohio Railroad fut le premier chemin de fer qui entreprit, il y a plus de vingt ans, d'électrifier le tunnel de Baltimore. Depuis lors, le Grand Tunnel Railway a installé des locomotives électriques dans le tunnel sous le fleuve Saint-Clair au port d'Huron, dans le Michigan; le Grand Northern a électrifié le Cascade Tunnel; le Boston and Maine a équipé à l'électricité le Hoosac Tunnel; le New-York Central and Hudson, le tunnel de Park Avenue à New-York; le Michigan Central Railway, le Detroit River Tunnel à Detroit, et le Pennsylvania Railroad a équipé à l'électricité les nouveaux tunnels qui passent sous les deux fleuves qui séparent la presqu'île de Manhattan de New-Jersey.

Dans tous les cas indiqués ci-dessus, l'élimination de la fumée a été l'objectif principal.

Un autre tunnel important — le tunnel de Elkhorn — a cependant été électrifié récemment sur le Norfolk and Western Railway, près de Bluefiel, W. Va., mais le but poursuivi dans ce cas n'était pas tant d'éviter les inconvénients des fumées que d'augmenter la capacité de trafic de la ligne limitée à la fois par l'existence du tunnel et par une rampe très forte et très longue.

Dans chaque cas l'électrification a obtenu le plus grand succès; de désagréables et dangereux pour les voyageurs qu'ils étaient et d'un empêchement permanent à l'augmentation de la circulation, les tunnels sont devenus agréables pour les voyageurs et leur capacité de trafic est tout à fait égale à celle d'un autre point quelconque de la ligne.

2. — Gares terminus. — De nombreux avantages, en dehors de l'augmentation de la capacité et des facilités de manutention du matériel roulant nécessaire à assurer le trafic suburbain, sont le résultat de l'électrification.

L'absence de fumées et de gaz délétères, ainsi que la diminution assez forte du bruit occasionné par les trains, augmentent la valeur des terrains adjacents au chemin de fer, aussi bien que celle de la propriété du chemin de fer lui-même.

Il est aussi, pratiquement parlant, possible de superposer aux voies des bâtiments de toute espèce : bureaux, hôtels, maisons divisées en appartements, magasins, etc.; en fait, tous les genres de bâtiments nécessaires.

Le genre d'utilisation qui convient particulièrement à ce genre de construction sont des bureaux de chemins de fer, des magasins de marchandises lourdes et à expédier par express, des bureaux de postes et des hôtels.

Si l'on disposait les magasins de marchandises au-dessus des voies et des cours des gares à marchandises, il serait possible d'amener les camions jusqu'à un étage du bâtiment plus ou moins élevé, de manière à en effectuer le déchargement ou le chargement très rapidement, et de permettre également la libération des camions dans le délai le plus court possible.

De cette manière, la valeur de la propriété d'un chemin de fer augmenterait énormément, et le revenu de ces bâtiments permettrait de payer une grande partie des dépenses d'électrification, d'appropriation des gares terminus et de la construction combinée de la sorte.

L'augmentation de la capacité d'une gare terminus est due, en grande partie, à l'usage des trains à unités multiples pour répondre aux demandes de trafic. Ces trains sont composés de voitures motrices et de voitures remorquées, qui, toutes, transportent des voyageurs. Chacune des voitures possède un appareillage de commande, de telle sorte que les trains peuvent être formés du nombre de voitures correspondant aux nécessités de l'exploitation; et ils peuvent être conduits de l'une ou l'autre de ces extrémités.

Ainsi sont annulées les manœuvres des locomotives dans les gares de formation; celles des trains sont aussi diminuées de beaucoup. Conséquemment, l'utilisation des rames des voitures est augmentée.

Dans cet ordre d'idées, on peut signaler les chemins de fer de pénétration dans New-York même : le Long Island Railway, par exemple, ne comportant presque exclusivement que des trains à unités multiples; le New York Central Hudson River Railroad et le New York New Haven and Hartford Railway, qui utilisent la belle gare du Great Central Terminal à la quarante-deuxième rue, et qui desservent le trafic suburbain au moyen de trains à unités multiples, la première jusqu'à Harmon sur une distance de route de 32 miles, et la seconde jusqu'à New Haven, sur une longueur de route de 37 miles; enfin, il y a le Pennsylvania Railroad dont la gare, à la trente-troisième rue, reçoit les trains du Long Island Railway, comme déjà dit ci-dessus, et, également, les trains venant de l'Ouest.

Le New York Central remorque les trains de transit au moyen de locomotives électriques et ses trains à marchandises (en dehors du tunnel de New-York) au moyen de locomotives à vapeur.

Le New-York, New Haven and Hartford assure la remorque de tous les trains au moyen d'automotrices et de locomotives électriques. Des locomotives électriques à grande vitesse remorquent les trains rapides de transit; les locomotives à vitesse modérée assurent la traction des trains de voyageurs lourds et des trains de marchandises; enfin, pour les manœuvres dans les gares, des locomotives à petite vitesse sont employées.

Le Pennsylvania remorque, de la station de Manhattan Tansfer à New-York, (9 miles de distance) tous les trains de la ligne au moyen de puissantes locomotives électriques capables de tractionner des trains de 500 à 800 t américaines de poids sur rampe de 20 pour 100 à une vitesse de 30 à 40 miles par heure et, sur un palier, à raison de 30 à 60 miles par heure.

Le Pennsylvania Railroad a, également, assuré, depuis septembre 1915, un service complet de trains suburbains par automotrices de Philadelphie à Paoli sur une distance de 20 miles, mais il utilise encore la vapeur pour les trains de transit et pour ceux à marchandises.

Digitized by Google

3. — Chemins de fer de montagne. — On s'occupe, principalement, en ce moment, des chemins de fer de montagne. Des rampes variant de 10 à 30 mm par mètre présentent de grandes difficultés d'exploitation, tout comme les longs tunnels.

A cause de la limitation dans la production de vapeur de sa chaudière, la puissance de la locomotive est nécessairement arrêtée à un très faible poids remorqué, ou bien la vitesse doit être réduite. Habituellement, le poids remorqué et la vitesse doivent être diminués à la fois, et des trains qui sont ordinairement tractionnés au moyen d'une seule locomotive sur des lignes en palier ou de faible pente, doivent être remorqués sur les rampes au moyen d'une, de deux, et même de trois locomotives supplémentaires, à une vitesse encore fortement réduite.

Sur une rampe de 20 mm par mètre, laquelle est tout à fait ordinaire dans les contrées montagneuses, la vitesse d'un train de marchandises n'est guère supérieure à 7 ou 8 miles par heure avec des locomotives à vapeur, tandis qu'avec les locomotives électriques, lesquelles ne portent pas avec elles leurs usines de production de puissance, il est possible de remorquer les trains à des vitesses atteignant 25 miles par heure, et plus, selon l'importance de la puissance qu'il est économique de dépenser pour chaque train.

Un autre grand avantage de la locomotive électrique dans la remorque des trains sur les lignes accidentées réside dans sa faculté de maintenir le train à une vitesse déterminée, en utilisant, en guise de régénératrice, les moteurs des locomotives qui, renvoyant de l'énergie à la ligne d'adduction et, coopérant ainsi à alimenter quelque autre train qui monte la rampe en soulagent d'autant l'usine centrale.

L'intérêt du système récupérateur ne réside pas tant dans la quantité d'énergie économisée ou récupérée de la sorte que dans la plus grande sécurité avec laquelle les trains peuvent descendre les pentes, vu que les freins à air qui doivent être utilisés sur toute la longueur de la pente dans le cas de locomotives à vapeur ne sont utilisés avec les trains électriques que pour les arrêts, et en cas d'urgence.

De plus, l'usage continu des freins produit un échauffement excessif et une détérioration rapide des blocs et des bandages, qui sont la cause des retards de tous genres.

Enfin, la régénération permet l'accroissement de la vitesse sur les pentes, grâce à laquelle la vitesse moyenne est elle-même augmentée. On peut donc en conclure qu'il y aura plus de ponctualité dans la marche du trafic, et que le service sera beaucoup plus régulier. Un chemin de fer de montagne électrifié, comme un chemin de fer électrique en tunnel, ne sera plus considéré comme le goulot de la bouteille d'un chemin de fer.

Ce qui est dit ci-dessus est, au surplus, amplement prouvé par les expériences et l'exploitation du Norfolk and Western Railway.

4. — Énergie produite par chutes d'eau. — D'autres lignes, et en particulier le Spokane and Island Empire Railway ainsi que le Butte, Anaconda and Pacific, desservent un trafic plus léger sur des déclivités généralement plus faibles.

Mais, aussi bien que le Chicago, Milwaukee and Saint-Paul qui exploite déjà une première section des 440 miles de route en voie d'électrification, ils sont tous des chemins de fer de montagne, pour lesquels le charbon est coûteux, et les locomotives à vapeur sont onéreuses à entretenir, tandis qu'il existe des chutes d'eau abondantes.

Le Spokane and Island Railway a été électrifié lors de sa construction et son exploitation a été des plus fructueuses au cours de ces dernières huit années. Il comporte une voie unique de 120 miles de longueur.

L'exploitation du Butte, Anaconda and Pacific a pu être faite depuis plus de trois ans d'une manière très fructueuse avec un trafic minéral, réellement lourd, sur une longueur de ligne d'environ 33 miles. C'est d'ailleurs en raison de ces succès que le Chicago, Milwaukee and Saint-Paul s'est décidé à entreprendre l'électrification d'une partie de la ligne de Chicago à Saint-Paul espérant, d'ailleurs, que l'économie dans la dépense d'énergie motrice, le moindre coût de l'entretien, et les autres avantages qui en découlent, seraient largement bénéficiaires au regard du capital nouveau à immobiliser.

Il faut, d'ailleurs, remarquer que la consommation de combustible brûlé sous les chaudières des centrales électriques à vapeur n'est que d'environ la moitié de la quantité consommée sous les chaudières des locomotives à vapeur pour le même service dans les deux cas, tant est élevé, comparé aux locomotives à vapeur, le rendement combiné de l'énergie calorifique du charbon dans sa conversion thermo-électrique à la jante des roues des locomotives à vapeur.

On se rend compte, immédiatement, de l'importance de cette considération lorsque le combustible est cher ; et, en particulier, lorsqu'on a à sa disposition de la houille blanche en abondance comme c'est le cas dans la région montagneuse traversée par la ligne de Chicago à Saint-Paul.

5. — Lignes principales. — Le seul chemin de fer qui ait étendu son exploitation électrique à tous les genres de service, et en même temps constituant l'unique exemple aux États-Unis d'une électrification étendue à une ligne principale ouverte à un fort trafic de voyageurs et de marchandises est le New-York, New-Haven and Hartford Railway.

Les locomotives électriques remorquent régulièrement des trains de voyageurs rapides et lourds à des vitesses de 60 à 75 miles par heure, et des trains de marchandises à des vitesses comprises entre 30 et 45 miles par heure.

Les manœuvres dans les gares de formation importantes sont effectuées par des locomotives électriques qui travaillent sans discontinuer pendant plusieurs jours, en effectuant le même travail que celui qui serait fait par deux fois autant de locomotives à vapeur.

Des trains à unités multiples sont utilisés pour des-

Digitized by Google

servir le trafic suburbain sur ce chemin de fer ainsi que sur celui du New-York, Westchester et Boston qui est une ligne subsidiaire.

Les résultats acquis par cette exploitation, décrite déjà si souvent, ne laissent aucun doute sur les avantages considérables résultant de l'exploitation électrique.

6. — Législation. — L'électrification de la gare appelée le Grand Central Terminus à New-York a été ordonnée, comme il a déjà été dit, par la ville de New-York à la suite d'un accident survenu dans le tunnel.

D'autres villes étaient, paraît-il, intentionnées il y a quelque temps de faire de même ; mais il est à espérer qu'il n'y aura aucune suite prochaine à ces projets. En effet, l'électrification des chemins de fer à vapeur dans les grandes villes ne se résume pas uniquement à un changement dans la forme de l'énergie motrice, et si l'on désire en recueillir tous les avantages possibles il faut ne pas l'entreprendre d'une manière trop hâtive ou en étant mal conseillé.

Pareille obligation pourrait, en effet, entraîner ou la confiscation de la propriété du chemin de fer ou l'augmentation des tarifs de transport des voyageurs et des marchandises afin de payer les intérêts du capital engagé.

Un principe qui demande à être reconnu, c'est que les chemins de fer ne soient pas obligés d'électrifier leurs lignes jusqu'à ce qu'ils sachent voir clairement de quelle manière ils peuvent balancer les dépenses nouvelles. Bien peu étant arrivés à ce point, ils attendront d'y être forcés.

III. — **Résultats.** — Les résultats qui ont déjà été atteints sur les lignes électrifiées existantes montrent qu'indiscutablement, pour tous les genres de service, l'électricité se prête infiniment mieux que la vapeur à desservir tous les genres de trafic.

Ce fait, vu l'état actuel de progrès de la traction à vapeur, signifie beaucoup plus qu'il y a une vingtaine d'années, parce que la locomotive à vapeur s'est considérablement perfectionnée depuis lors.

La locomotive a vapeur. — Peu de gens savent que des progrès considérables ont été effectués sur la locomotive à vapeur depuis que le moteur électrique a été appliqué à la traction des trains de chemins de fer.

Jadis, elle ne pouvait que difficilement développer une puissance de 1 000 ch pendant un temps assez long. Le type de locomotive Atlantic plus récent, comportant une chaudière plus grande, un poids plus élevé sur les roues motrices, un surchauffeur de vapeur et des chargeurs mécaniques, peut développer jusque 2 000 ch pendant une heure et à grande vitesse.

Enfin, le type Pacific, avec trois essieux moteurs au lieu de deux de 60 000 à 70 000 lbs (27 210 kg et 31 756 kg) de poids par essieu moteur et qui comporte une chaudière encore plus grande que la précédente et d'autres perfectionnements, est capable de développer 3 000 ch à la vitesse de 70 miles par heure.

Le rendement de la locomotive à vapeur a été beaucoup augmenté aussi, mais la dépense d'entretien est, néanmoins, restée élevée, et, le parcours kilométrique (miléage) sans repos intercalaire est encore petit. En plus, la locomotive à vapeur répand de la fumée et des cendres et sa puissance est encore bien moindre que celle qui, comparativement, est concentrée dans une locomotive électrique au bout d'un train et conduite par un seul personnel.

Il faut songer aussi que la locomotive à vapeur est arrivée à l'état actuel de perfection, si admirable d'ailleurs après 80 années, tandis que la locomotive électrique, après moins d'un quart de la durée de cette existence, est à même de faire déjà tant en plus !

IV. — **Le problème de l'électrification.** — Le problème de l'électrification touche à pas mal de points en plus de celui qui ne concerne que les locomotives.

La question de la production de l'énergie électrique est par elle-même déjà extrêmement importante. Alors que la locomotive à vapeur est indépendante et peut circuler sur n'importe quelle voie aussi longtemps qu'elle est pourvue de charbon et d'eau, la locomotive électrique ne peut rien faire par elle-même ; il lui faut une usine centrale avec tous les appareils voulus intercalaires entre le combustible et la locomotive.

a) La production de l'énergie. — Durant ces dernières années, de formidables usines ont été édifiées, soit pour la production de l'énergie électrique par les chutes d'eau — comme à Niagara Falls — ou dans la région montagneuse de l'Ouest, soit pour la production par le charbon au moyen de turbines à vapeur de puissance énorme.

Le résultat économique de cette situation a été la disparition progressive des petites centrales et l'extension continuelle des réseaux et lignes de transmission des grandes usines dans lesquelles les concentrations de puissance se poursuivent.

Il en résulte que les chemins de fer n'ont pu supporter le poids financier de l'érection des centrales, et de plus le prix auquel leur revient l'énergie électrique diminue de plus en plus.

Cette politique économique est donc un stimulant à l'électrification des réseaux ferrés.

b) La forme du courant de traction. — Un grand impedimentum à l'électrification a été pendant longtemps la question de la meilleure forme de l'énergie électrique à adopter pour la traction des trains.

Les deux systèmes qui se disputent principalement le domaine de la traction des trains de chemins de fer sont le monophasé et le continu. Le système triphasé n'est, d'ailleurs, pas beaucoup en cause ici.

Comme aucun des deux systèmes n'avait pu, jusqu'à présent, formellement gagner la bataille en démontrant sa supériorité irrécusable par rapport à l'autre, les compagnies de chemins de fer ont attendu pendant très longtemps ; et ce n'est que maintenant que l'on com-

Digitized by Google

mence à voir la situation se dessiner plus clairement.

Mais, cette compétition a elle-même beaucoup diminué depuis que des deux côtés on a cherché à montrer davantage par des résultats acquis plutôt que par des paroles, lequel des deux systèmes vaut le mieux. Nous comparerons assez succinctement les trois systèmes dans leurs applications aux chemins de fer américains.

Le triphasé. — Aux Etats-Unis, ce système ne pourrait convenir d'une manière générale pour de nombreux motifs (double ligne de trolley, service trop intensif, demandant par conséquent une grande souplesse, trains très lourds, etc., enfin, le profil des lignes n'est pas, en général, assez fortement accidenté pour justifier, à ce point de vue, les avantages très sérieux de la traction triphasée, comme c'est le cas, par exemple, en Italie.)

Il existe, néanmoins, aux Etats-Unis une petite installation de l'espèce. En Suisse, une ou deux applications sont en activité de service ; en Italie, ce système — pour de bonnes raisons d'ailleurs — est en usage.

Courant continu. — Pour les tramways de rue, les chemins de fer métropolitains et surburbains, cette forme de courant à la tension de 650 v est universellement admise.

La tension de 650 v — qui était la limite il y a quelques années — a pu être relevée considérablement depuis, grâce aux progrès apportés dans la conception et la construction des moteurs; et, successivement, les tensions de 1 200, 1 500, 2 400, 3000 et, assez récemment 5 000 v à Jackson, Michigan, sur le Michigan United Traction Railway) sont devenues d'usage courant et pratique.

Avec l'élévation de la tension d'alimentation, on a plutôt adopté la ligne d'adduction aérienne, bien que dans plusieurs cas il soit fait usage avec grande satisfaction du troisième rail, et même, dans un cas, la tension de 2 400 v sur le troisième rail est en service courant.

Du chef de l'élévation de la tension à 3 000 v et même 5000 v, l'usage du courant continu s'est étendu également aux lignes à fort trafic. La ligne du Chicago, Milwaukee and Saint-Paul en est un exemple.

Grâce à la tension élevée, il est possible, en effet, de collecter sur la ligne de trolley des quantités d'énergie importantes sans pertes intercalaires trop considérables, et les sous stations de transformation peuvent être situées à des distances comprises entre 25 miles et même 50 miles l'une de l'autre.

Il s'ensuit que la dépense pour l'installation des sous-stations et des lignes de transport de l'énergie devient alors d'importance suffisamment faible pour que l'électrification de longues lignes au moyen du courant continu devienne possible, économiquement parlant.

Jusqu'à présent, il n'a été effectué qu'une seule électrification de grande ligne à courant continu sous 3000 v. C'est celle du Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Railway.

Une tension plus élevée encore pour le courant continu est certainement plus recommandable si la traction des trains peut se faire aussi régulièrement. Il est à espérer, d'ailleurs, que bientôt on fixera définitivement la tension la plus convenable, techniquement et économiquement parlant, à la traction des trains sur les longues lignes au moyen du courant continu, afin d'éviter le trop grand nombre de tensions qui marquent ses étapes de progrès.

L'avantage du courant continu réside surtout dans le moteur série. Il est simple, mécaniquement parlant, et relativement peu coûteux de construction. Electriquement parlant, il possède des caractéristiques de vitesse et d'effort de traction convenant particulièrement bien au genre de travail auquel il est astreint : il accélère rapidement la vitesse des trains lourds avec un minimum de consommation d'énergie, et assure leur remorque, à pleine vitesse, dans les meilleures conditions de rendement.

Automatiquement, d'ailleurs, se produit une répartition de la charge entre tous les moteurs d'un même train même avec les plus grandes différences dans les diamètres des roues. Le rendement du moteur est de plus, élevé, et sa régularité de fonctionnement ainsi que ses qualités propres font qu'il est le plus répandu de tous les types de moteurs de chemin de fer.

D'autre part, le moteur série n'était pas bien approprié, jusqu'en ces derniers temps, par lui-même à la récupération de l'énergie à la descente des pentes ou lors des arrêts, et c'est pourquoi le moteur triphasé était préféré pour les chemins de fer à profil difficile en Italie, par exemple. Mais, récemment, une méthode a été appliquée qui lui permet d'effectuer la génération dans les pentes ou lors des arrêts, tout comme le moteur triphasé ; l'électrification du Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Railway emploie cette méthode avec le plus grand succès.

La grande objection de la conversion du courant de transmission normalement triphasé en courant continu est également levée pour une bonne part dans le système continu à haute tension parce que la distance entre les sous-stations de transmission a pu être considérablement diminuée, tout en leur assurant un meilleur facteur de charge et une surveillance moindre.

Système monophasé. — Ses avantages consistent dans la possibilité de l'emploi d'une tension électrique très élevée sur le fil de trolley, tandis que la tension du courant aux moteurs et appareils de démarrage qui sont placés dans le véhicule est beaucoup plus faible.

La haute tension du courant au fil de trolley réduit jusqu'à un minimum le coût de l'équipement aérien et des « feeders » d'alimentation, et, en outre, les sous-stations de transformation établies le long de la ligne peuvent être laissées sans surveillance.

La tension la plus généralisée est de 11 000 v, et la fréquence est de 25 p : sec. Les exemples les plus importants sont ceux du New-York, Westchester and Boston, le Hoosac Tunnel, le Saint-Clair Tunnel, le Spokane and Island Railway, la ligne de Philadelphie à Paoli du Pennsylvania Railroad, et la Elkhorn Grade Division du Norfolk and Western Railway.

Sur les chemins de fer d'Europe, les tensions de 12000 v à 16000 v ont été adoptées avec 15 à 16 2/3 p : sec.

Digitized by Google

Les moteurs employés sont du type à collecteur en général, sauf sur le Norfolk and Western ou l'on a adopté le moteur triphasé; entre la ligne d'alimentation et les moteurs, il y a un groupe convertisseur.

La locomotive du Norfolk and Western possède deux vitesses : 14 miles et 28 miles par heure.

c) Les particularités de la locomotive électrique. — L'un des plus difficiles problèmes à résoudre dans la locomotive électrique est d'ordre purement mécanique. C'est celui qui concerne le système de transmission entre les moteurs et les roues motrices.

La transmission par engrenages du moteur aux essieux est pleinement satisfaisante pour les tramways et même pour les voitures à unités multiples des chemins de fer surburbains.

Ce système peut aussi être, jusqu'à un certain point, utilisé pour les grandes locomotives, mais il possède le désavantage de faire porter directement par les essieux sans ressorts intermédiaires un poids très considérable; il en résulte, lorsque le trafic est à grande vitesse, une détérioration rapide de l'assiette de la voie.

Pour des locomotives à grande vitesse, il est d'usage courant de relier les moteurs aux essieux-moteurs, de manière que leurs vitesses angulaires soient les mêmes.

On peut faire cela, soit en fixant directement l'armature du moteur aux essieux, comme c'est réalisé dans les locomotives à courant continu du New-York Central, soit en montant l'armature sur un arbre creux qui laisse passer l'essieu, comme c'est appliqué sur les locomotives à voyageurs à grande vitesse à courant monophasé du New Haven, soit encore en fixant le moteur sur le châssis de la locomotive et en le reliant aux roues motrices au moyen de bielles et de manivelles, comme c'est réalisé pour la locomotive du Pennsylvania de la gare de New-York.

D'autres variétés dans les systèmes de transmission peuvent encore être imaginées.

Il y a quelques années, on croyait qu'il serait extrêmement simple de relier les moteurs aux roues motrices, parce qu'ils engendrent leur puissance par rotation. On croyait aussi que le bas centre de gravité de la locomotive électrique lui assurerait aux grandes vitesses une grande sécurité, mais il fut reconnu plus tard que le centre de gravité élevé de la locomotive à vapeur constitue une de ses qualités, laquelle serait, autant que possible, introduite dans la locomotive électrique.

On dut reconnaître aussi que la liaison mécanique entre le moteur et les roues motrices est l'un des problèmes les plus compliqués à résoudre.

V. — **L'avenir de l'électrification.** — Il est réconfortant de savoir que les progrès en sont maintenant arrivés au point où il est possible de faire les études des électrifications les plus importantes avec la certitude la plus complète d'arriver à un résultat, non surpassé dans n'importe quel autre genre de travaux mécaniques.

Il y a des spécialistes pour chacune des branches du travail d'électrification, depuis la station centrale jusqu'à la locomotive, et, avec les efforts convenablement coordonnés de tous, les résultats les plus heureux peuvent assurément être atteints.

Rappelons, en terminant, que 3 miles correspondent à 5 km et qu'une tonne américaine vaut 1016 kg.

J. Carlier.

Notes pratiques

Trempe sur place de la table de roulement des rails de tramways (1). — On sait combien, à l'heure actuelle, on éprouve de difficultés pour se procurer les rails nécessaires à l'entretien des voies de tramways, aussi tout procédé susceptible de prolonger la vie des rails en exploitation est accueilli avec joie par les exploitants.

La Sandberg Sorbitic Steel Company de Westminster a établi un dispositif qui a été expérimenté avec succès aux tramways de Leeds et de Croydon et qui permet d'effectuer la trempe superficielle de la partie supérieure des rails sans arrêter l'exploitation.

Le procédé consiste à déplacer lentement une flamme le long de la surface supérieure du rail en traitement, ce chauffage intense est suivi immédiatement par l'application d'un jet d'eau qui a pour effet un refroidissement brusque et par suite réalise une trempe de la partie supérieure du rail. Dans le cas de l'installation de Croydon le chauffage était fait par un brûleur oxy-acétylène, mais naturellement tout autre moyen de chauffage peut être utilisé. Un petit truck roulant portait les réservoirs pour les gaz et le réservoir pour l'eau de refroidissement.

Des photomicrographies du métal traité ont permis de se rendre compte de la modification subie par le métal du rail. Des essais faits à la bille de Brinell ont donné les nombres de dureté suivants : à une distance de trois millimètres de la surface, 600; à la profondeur de huit millimètres, ce nombre de dureté était réduit à 240. L'application du procédé est particulièrement avantageux pour les joints de rails, lesquels sont martelés par le passage des roues; ce martelage n'est naturellement pas supprimé par cette application, mais rend les rails capables d'y résister beaucoup plus longtemps.

E. B.

(1) *Engineering*, 5 avril 1918, t. cv, p. 378-379.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Système de tarification des salaires

La question de la tarification des salaires a déjà été l'objet de nombreux travaux parmi lesquels nous rappellerons seulement celui qu'a publié la « R. G. E. » dans son numéro du 9 juin 1917, sous le titre « Formules des divers tarifs de salaires » et celui de M. Bayle qui, après avoir donné lieu à une communication à la Société internationale des Electriciens, a été exposé longuement dans La Revue électrique, 17 novembre, 1er et 15 décembre 1916, t. XXVI, p. 314, 343 et 379. La note ci-dessous apporte une nouvelle contribution à la question.

Le but visé par le chef d'industrie, lorsqu'il étudie un tarif de salaires à appliquer à sa fabrication, est de pouvoir rémunérer largement et équitablement ses ouvriers, et, en même temps, d'obtenir un prix de revient réduit de la main-d'œuvre.

Ces deux principes, paraissant à première vue contradictoires, peuvent cependant être conciliés par l'établissement d'une échelle de salaires bien appliquée.

La faillite complète des deux tarifs jusqu'ici presque généralement appliqués en France : tarifs à la journée

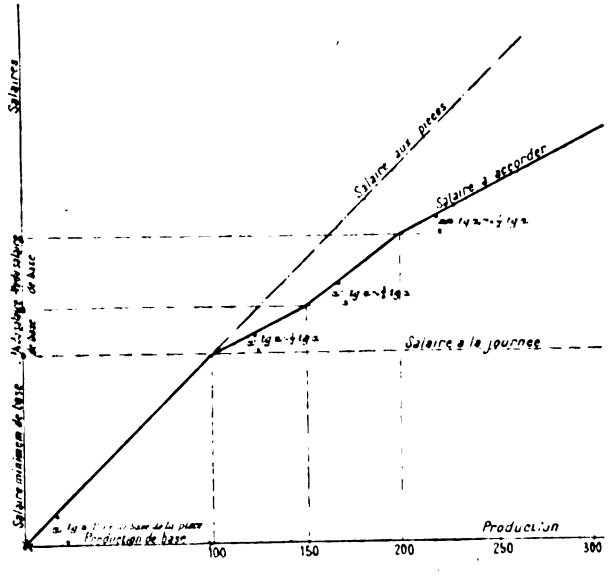


Fig. 1.

et tarifs aux pièces, est due à ce que ces deux modes de fixation des salaires tendent pour des raisons différentes à la limitation de la production.

Par le salaire à la journée, l'ouvrier n'a aucun intérêt direct à se hâter, et il prendra insensiblement, et presque à son insu, des habitudes de flânerie contre lesquelles toutes prescriptions et toute surveillance sont à peu près inopérantes.

Dans le salaire aux pièces, l'ouvrier aura toujours la crainte, trop souvent fondée, que si le patron constate que les ouvriers arrivent à gagner de très fortes journées, il réduira d'une façon plus ou moins détournée le prix de la pièce pour les travaux ultérieurs, et pour éviter cet écueil l'ouvrier limitera son travail, soit de lui-même, soit qu'il y soit engagé par les organisations de travailleurs de même spécialité.

Le patron n'a d'ailleurs pas beaucoup d'intérêt à l'engager qu'il n'en soit pas ainsi, le prix de revient de la main-d'œuvre à la pièce étant constant que l'ouvrier travaillât peu ou beaucoup.

Le système différentiel de tarifs de salaires, préconisé par Taylor comme devant permettre d'arriver à la production maximum, est inapplicable dans l'état actuel de notre législation ouvrière.

Il est d'ailleurs foncièrement juste qu'un ouvrier ordinaire puisse espérer, sans aucune crainte d'aléa — tarif trop faible, outillage défectueux, etc. — arriver à gagner un salaire minimum fixé à l'avance pour chaque spécialité, et, de ce côté, rien n'est à modifier dans nos règlements ouvriers.

Dans ces conditions, le système de salaire me paraissant devoir concilier les intérêts de l'industriel et des ouvriers, c'est-à-dire permettant une rémunération équitable du travail et en même temps diminuant le prix de revient à la pièce lorsque la production augmente, est un tarif à la prime établi de la façon suivante :

Par un chronométrage précis et une étude approfondie de l'usinage de l'objet à fabriquer, on détermine le nombre de pièces que peut produire un ouvrier ordinaire. Ce nombre, divisant le salaire minimum fixé pour cette catégorie, donnera *le prix de base de la pièce*.

On peut admettre que tous les ouvriers travaillant à la journée feraient sensiblement ce nombre de pièces.

Par une application un peu plus soutenue, les ouvriers moyens et même les ouvriers ordinaires arriveraient à dépasser cette quantité et pourraient atteindre assez facilement une production de 50 pour 100 supérieure à la production de base.

Pour rémunérer cet effort que certainement n'auraient

Digitized by Google

pas rendu des ouvriers à la journée, toute pièce fabriquée au-dessus du nombre fixé comme minimum sera payée *moitié du prix de base de la pièce*.

Cependant les meilleurs ouvriers pourront, par une application encore plus tendue et un effort plus grand, dépasser cette surproduction de 50 pour 100 et tendre vers le double de la production de base.

J'estime que, pour cette partie qui exigera des connaissances spéciales et un effort considérable et soutenu, la rémunération doit être proportionnellement plus forte que pour la production en dessous à laquelle on sera amené par ce que j'appelle l'effort normal d'un ouvrier consciencieux. Le prix à la pièce sera élevé et atteindra les *trois quarts du prix de base de la pièce*. Cette majoration stimulera d'ailleurs le personnel et l'engagera à acquérir les tours de main indispensables pour arriver à cette production.

Il peut arriver, enfin, que, dans certains cas dus surtout à la fixation d'une production de base un peu faible, quelques perfectionnements dans l'outillage, les méthodes, les tours de main, cette production du double de la production de base soit dépassée.

Dans ce cas, pour éviter l'écueil rencontré par le salaire aux pièces, je ramène le prix à la pièce à la *moitié du prix de base*.

J'estime, d'ailleurs, que, dans le cas normal d'un travail bien étudié, cette partie de l'échelle doit très peu fonctionner.

Ce système de tarifs de salaires serait représenté par la courbe ci-dessus.

Il a pour lui les avantages suivants :

Il est très simple d'application et de très facile compréhension pour les ouvriers, n'étant basé sur aucune formule mathématique compliquée;

Il rémunère très équitablement les efforts des ouvriers et provoque leur émulation pour atteindre la portion de la courbe à pente raide;

Il diminue le prix de revient par unité fabriquée et protège suffisamment l'industriel contre une surprise de prix de base trop élevés pour ne pas l'inciter à réduire après coup des prix établis, mais au contraire il l'engage à perfectionner et améliorer son outillage et son organisation pour que, si possible, ses ouvriers arrivent à la deuxième partie à faible pente de la courbe, c'est-à-dire dépassent de 100 pour 100 la production de base qui lui donnera un prix de revient réduit tout en laissant un salaire élevé à son personnel.

Louis CONGE,
Ingénieur-électricien.

Congrès général du Génie civil (*Suite*)

TRAVAUX DE LA SECTION IV (*Suite*).

La prévoyance sociale dans les mines et la métallurgie (1).

Le rapporteur s'occupe en particulier de la prévoyance sociale dans les mines et la métallurgie, mais les idées qu'il émet peuvent s'appliquer également avec succès aux autres industries, nous en ferons donc connaître les grandes lignes à nos lecteurs.

La tâche absorbante de l'ouvrier de la mine ou de l'usine l'empêche d'assurer convenablement son existence personnelle et celle de sa famille; il faut donc qu'il puisse compter sur un concours étranger qui sera soit l'Etat, soit la mutualité, soit le chef d'industrie.

La réparation des accidents professionnels a été réglée en France par la loi du 9 avril 1898; les industriels ne se sont pas contentés d'appliquer cette loi, ils ont développé et perfectionné des installations hospitalières destinées à leur personnel. Mais il vaut mieux prévenir que guérir; l'Etat et le Comité central des Houillères de France s'occupent constamment de rechercher les moyens de protection nécessaires pour éviter les accidents, et les résultats obtenus dans cette voie sont si satisfaisants que c'est en France que les accidents de mines sont les plus rares.

M. François Villain étudie ensuite la question de la limitation des heures de travail, qui est très délicate, dans les mines à cause des nécessités économiques pressantes qui peuvent se présenter.

Le rapporteur examine aussi le rôle de l'initiative privée dans la prévoyance sociale, rôle de l'Etat, de l'ouvrier et de l'exploitant, et expose les résultats qui ont été obtenus.

M. Villain fait pour terminer une étude approfondie sur ce que doit être la cité ouvrière moderne et il examine plusieurs questions du plus vif intérêt : logement des familles ouvrières dans une cité construite par l'industriel; observation de l'hygiène; maisons ouvrières (logement, jardins, alimentation en eau potable, égouts, voirie, etc.); écoles; apprentissage; société coopérative d'alimentation; sociétés de divertissement; écoles ménagères; éducation pratique de la jeune fille; logement des célibataires; lutte contre la dépopulation; caisses syndicales de natalité; œuvres tendant à faire diminuer la mortalité.

Comme conclusion à l'étude de M. Villain, la quatrième section a émis les vœux suivants :

1° Que faculté soit laissée, à tout industriel, d'instituer des caisses de secours aux termes de la loi de 1894;

2° Que soient créées des caisses régionales et corporatives de natalité, par les soins de groupements ou chambres syndicales à l'effet d'encourager, sous des formes à déterminer, les familles nombreuses.

(1) Rapport de M. François VILLAIN.

Digitized by Google

Le platine (1).

Le rapporteur indique tout d'abord les pays producteurs de platine dont le principal est la Russie qui, en 1912, produisait 94 pour 100 du platine mondial. Il cite les principaux usages de ce métal : appareils scientifiques, construction d'étalons, appareils pour l'industrie chimique, bijouterie, vis et contacts de magnétos, électrodes pour l'électrochimie, photographie, radioscopie.

M. Caplain-Saint-André fait entrevoir l'avenir du platine et des métaux de son groupe et conclut son rapport en émettant le vœu suivant :

Que le gouvernement français obtienne de la Russie une dérogation en faveur de la loi votée en 1913 concernant l'interdiction de l'exportation de Russie du minerai de platine pour une quantité suffisante à nos besoins nationaux en platine, iridium et autres métaux du groupe.

L'inventaire des minerais de fer armoricains (2).

La France est le pays de l'Europe le plus riche en minerais de fer. Ces minerais se trouvent en partie en Lorraine, en partie dans l'Ouest. Il est inutile d'insister sur les gisements de l'Est dont on connaît l'importance et qui sont actuellement entre les mains de l'ennemi. Ceux de l'Ouest, au contraire, sont de par leur situation à l'abri de toute invasion, ils ont également l'avantage de se trouver à proximité de la mer ; ils sont donc à tous points de vue dignes de notre attention.

Les minerais de l'Armorique se groupent en deux domaines bien distincts :

Au Nord, celui de Normandie et du Maine formé de minerais siluriens, subordonnés aux schistes à calymènes, auxquels s'ajoutent deux gîtes dévoniens.

Au Sud, celui de l'Anjou et de la Basse-Bretagne comprenant une importante série de minerais interstratifiés dans les grès armoricains, des minerais gothlandiens et des minerais d'âge tertiaire exclusivement superficiels.

M. L. Cayeux étudie avec détails ces deux domaines et les concessions qui y sont actuellement en exploitation.

Si l'on compare les bassins lorrain et armoricain, on en déduit les conclusions suivantes :

En Lorraine, les couches de minette sont très régulières dans leur ensemble et pareilles à elles-mêmes sur de vastes surfaces. De plus, elles sont horizontales et peu ou point disloquées. Enfin les minerais sont toujours très phosphoreux et leur teneur en chaux est telle que la plupart portent en eux-mêmes la castine nécessaire à leur traitement.

Dans le bassin armoricain, et en particulier dans le groupe sud, l'irrégularité est souvent la règle au double point de vue de la puissance et de la composition, soit que la minéralisation revête une allure capricieuse, soit que les dislocations entrent en jeu pour laminer et même supprimer le minerai, soit enfin que les couches se ramifient. En outre les strates sont invariablement redressées, parfois presque verticales, et les failles sont plutôt fréquentes. Enfin, les minerais, d'ordinaire moins riches en fer que ceux de Lorraine, sont très siliceux, moyennement phosphoreux et très pauvres en chaux, quand ils n'en sont pas tout à fait dépourvus.

De ce qui précède il résulte que les conditions d'exploitation du bassin armoricain sont tout différentes de celles du bassin lorrain ; il faudra multiplier le nombre des puits d'extraction, se contenter de faibles et moyens tonnages et s'attendre à ce que les minerais varient d'un puits à l'autre et même pour un même puits.

La métallurgie moderne est capable de fabriquer de très bonnes fontes avec les minerais armoricains et aucune difficulté technique ne s'oppose à leur emploi.

M. L. Cayeux estime que les réserves du bassin armoricain, jusqu'à une profondeur de 500 m peuvent être résumées comme il suit :

Groupe septentrional :	
Minerais siluriens.....	760 000 000 tonnes.
Id. dévoniens.....	40 000 000 Id.
Groupe méridional :	
Minerais du grès armoricain.....	970 000 000 tonnes.
Id. gothlandiens.....	50 000 000 Id.
Id. de minières.....	4 500 000 Id.
Total.....	1 824 500 000 tonnes.

D'après ce tableau ces réserves seraient inférieures à celles du bassin de Longwy-Briey qui sont estimées à 3 000 000 000 t, mais le rapporteur pense qu'en réalité il n'en est pas ainsi et qu'il y a plus de minerai de fer en Armorique qu'en Lorraine. Car l'exploration du bassin de l'Ouest n'est pas terminée, on n'a tenu compte que du minerai enfoui à moins de 500 m et on a négligé certains minerais qu'on dédaigne aujourd'hui, mais qui seront certainement utilisés dans l'avenir.

M. L. Cayeux montre ensuite la nécessité de mettre en exploitation le bassin armoricain qui, quoique son minerai soit moins riche que le minerai lorrain, pourra rendre de grands services à notre métallurgie et évitera que toute notre production de minerai de fer soit concentrée dans une seule région frontière, à la merci, hélas ! d'une invasion de nos cupides voisins de l'Est. Le rapporteur fait voir ensuite que la nature de ce bassin armoricain nécessitera des concessions très étendues. Il termine en montrant que les minerais de fer armoricains, dont la production en 1913 était de 1 200 000 t, sont surtout exportés. La situation du bassin armoricain favorise d'ailleurs cette exportation qui se fait par les ports de Caen, Granville, Saint-Malo, pour la partie nord et par Nantes et Saint-Nazaire pour la partie sud. Nous devons favoriser cette exportation qui améliore notre change et diminue le fret pour les bateaux anglais qui apportent des combustibles et peuvent repartir chargés de minerais au lieu de repartir à vide.

(1) Rapport de M. Caplain-Saint-André.
(2) Rapport de M. L. Cayeux.

Digitized by Google

Comme conclusion à son rapport, M. L. Cayeux émet les deux vœux suivants :

1° Institution à brève échéance de toutes les concessions actuellement en instance, en tenant compte de la nécessité d'accorder aux demandeurs de grands périmètres, en raison du peu de régularité des gisements.

2° Exécution des travaux publics indispensables à l'exploitation et à l'exportation des minerais armoricains,

La métallurgie de l'or en France (1).

Le rapporteur rappelle qu'au moment de la conquête romaine la Gaule faisait une exportation intensive de l'or, puis peu à peu les guerres successives firent tomber dans l'oubli l'exploitation de l'or.

Les gisements aurifères principaux de la France sont les suivants :

1° Dans le Plateau Central, un gisement s'étendant depuis Périgueux jusqu'au delà de Montluçon. Il est caractérisé par une série de cassures parallèles E. N-E. O. S.-O., sur une largeur de 60 à 70 km. Ces cassures sont sillonnées de fosses, restes des exploitations anciennes.

2° Le deuxième gisement est celui de Bretagne et d'Anjou formé par des cassures parallèles aux précédentes et sillonnées des mêmes travaux anciens.

3° Le troisième gisement est plus caractéristique. Il n'y a presque pas de travaux anciens. Il est situé au contact des schistes et des calcaires, dans la montagne Noire a été reconnu partiellement aux environs de Carcassonne.

4° De plus, de nombreux gîtes aurifères ont été trouvés aussi dans les Pyrénées (particulièrement dans l'Ariège, formant probablement une réponse au gisement de la montagne Noire), dans les Alpes et même dans les Vosges.

M. Strap rappelle brièvement les anciennes méthodes d'exploitation des mines d'or, il étudie ensuite les concessions en exploitations et les usines en construction ainsi que les procédés actuels de traitement du minerai.

Il y a lieu de chercher à diminuer le prix de revient de l'extraction de façon à permettre de traiter ces minerais pauvres qui forment la plus grosse partie des gîtes. Ainsi, à l'étranger, on est arrivé à traiter avec bénéfice des minerais tenant de 2,5 g à 3 g d'or à la tonne.

Comme conclusion à son rapport, M. Strap estime qu'il y a un vaste champ d'exploitation pour les prospecteurs d'or en France et un grand débouché pour les usines métallurgiques dans l'outillage et les fournitures nécessaires aux usines de traitement installées et à installer. Après la fin des hostilités, il sera indispensable de produire la plus grande quantité possible d'or en France, pour couvrir les nombreuses dépenses indispensables à faire à l'étranger. Il faut donc encourager l'exploitation et la métallurgie de l'or en France et donner à cette industrie toutes les facilités pour obtenir des concessions, du matériel et la main-d'œuvre assez nombreuse qui lui est nécessaire; à ce point de vue nos colonies de l'Afrique du Nord pourraient satisfaire à nos besoins.

Pour terminer, M. Strap émet les vœux suivants :

1° Que des facilités soient données aux usines actuellement installées pour leur permettre de transporter leur matériel sur les emplacements des minerais.

2° Que l'industrie française s'organise pour produire elle-même le matériel nécessaire à ses usines.

La main-d'œuvre étrangère en France (1).

La crise de la main-d'œuvre s'était déjà fait gravement sentir en France avant la guerre, et nous avions été forcés d'avoir recours à la main-d'œuvre étrangère ou coloniale. Depuis la guerre nous avons été forcés d'y faire appel dans une très large mesure, et l'autorité militaire a créé rapidement près de nos frontières des dépôts destinés à héberger et à placer sans délai la main-d'œuvre nouvellement arrivée.

Le rapporteur étudie dans tous les détails l'organisation actuelle de la main-d'œuvre étrangère et coloniale telle qu'elle a été réalisée par l'autorité militaire; il examine successivement son recrutement, son introduction en France, les conditions d'emploi et son contrôle.

Après la guerre, les terribles vides causés dans notre population masculine par le fléau déchaîné par l'Allemand nous forceront encore à avoir recours à cette main-d'œuvre étrangère et coloniale. M. Nogaro examine les mesures qu'il y aura lieu de prendre vis-à-vis des étrangers pour leur recrutement, leur contrôle et les conditions de vie normale à leur assurer.

Comme conclusion au rapport de M. Nogaro, le Congrès du Génie civil a émis les vœux suivants :

1° Que le statut légal des ouvriers étrangers soit réglé en tenant compte des considérations parfaitement concordantes exposées dans le rapport ci-dessus et dans ceux qui ont été antérieurement présentés à l'Association nationale d'expansion économique;

2° Que la liberté soit laissée aux industriels et chefs d'exploitations de recruter à l'étranger, dans les limites prévues par les législations nationales et les accords internationaux;

3° Que le ministère du Travail, désormais chargé du contrôle de la main-d'œuvre étrangère, maintienne et développe les organes créés pendant la guerre, notamment les dépôts-frontière et l'inspection de la main-d'œuvre étrangère afin d'assurer la protection des travailleurs étrangers par les autorités françaises et de leur donner ainsi toutes les garanties compatibles avec nos institutions;

4° Qu'un sérieux effort soit fait par les industriels pour assurer à leurs ouvriers étrangers des conditions d'habitation normales leur permettant ainsi de se constituer un foyer.

La spécialisation des usines (2).

La métallurgie française s'était considérablement développée avant la guerre; si on représente par 1 la

(1) Rapport de M. Strap.

(1) Rapport de M. B. Nogaro.

(2) Rapport de M. Carlioz.

Digitized by Google

production en 1869, la production de fonte en 1913 peut être représentée par 3,7 et celle de l'acier, par 46.

La métallurgie française était même devenue exportatrice : sur 5 207 000 t de fonte produites en 1913, 127 000 t avaient été exportées ; sur 5 093 000 t d'aciers sorties de nos usines, 668 000 t avaient été exportées.

Le retour de l'Alsace-Lorraine à la France augmentera notre production sidérurgique de près de 50 pour 100, mais nos besoins en combustibles augmenteront de 11 131 000 t, tandis que l'Alsace-Lorraine n'en produit que 3 796 000 t. Il faudra donc exporter 33 pour 100 des aciers que nous produirons et importer 41 pour 100 du combustible dont nous aurons besoin.

D'un autre côté, toutes les métallurgies étrangères se sont considérablement développées pendant la guerre ; l'Angleterre et les États-Unis ont fait des efforts considérables pour remplacer notre métallurgie de l'Est et du Nord envahie par l'Allemand. Tous les pays producteurs, l'Allemagne comprise, auront une production supérieure à leurs besoins et chercheront à exporter leur surproduction ; c'est dans ces conditions que nous devrons chercher à augmenter nos exportations, la lutte économique sera donc très dure. En réalité, la lutte sera moins âpre immédiatement après la guerre, la reconstitution des usines détruites par l'ennemi offrant de vastes débouchés à l'industrie métallurgique, mais quand la situation s'équilibrera, nous nous trouverons dans une situation défavorable vis-à-vis de nos concurrents étrangers à cause de la quantité considérable de combustible que nous serons forcés de demander à nos concurrents mêmes qui fixeront leurs prix de vente de façon à ne pas nous permettre de produire au même prix qu'eux. Les charges sociales, impôts, main-d'œuvre, seront plus élevées chez nous que chez nos concurrents ; il importera donc de chercher tous les moyens possibles pour remédier à cette situation désavantageuse.

Examinons les éléments des prix de revient, et voyons comment on pourra les diminuer ; ces éléments sont les prix des matières premières, les frais de fabrication et les frais généraux.

Les prix de toutes nos matières premières sont influencés, onéreusement, par les prix des combustibles plus élevés chez nous que chez nos concurrents, parce que notre production est grandement déficitaire.

Les frais de fabrication seront chargés d'une main-d'œuvre plus élevée que chez nos concurrents, et nous serons forcés, à cause des vides crées par la guerre, d'avoir recours à une main-d'œuvre étrangère nombreuse.

Les frais de fabrication dépendent également de la perfection de l'outillage, des procédés de fabrication et de l'organisation du travail. C'est à nos ingénieurs qu'il appartient, sur ce point, de nous rendre égaux et même supérieurs à nos concurrents.

Les frais généraux comprennent les intérêts des approvisionnements et du fonds de roulement, l'amortissement des constructions et de l'outillage.

Les intérêts augmenteront plutôt qu'ils ne diminueront, parce que le loyer de l'argent restera très élevé longtemps après la guerre et parce que le fonds de roulement devra être augmenté, pour permettre les ventes à l'exportation, qui se font avec des crédits à longs termes.

A la seule exception de l'outillage, des procédés de fabrication et de l'organisation du travail, qui pourront être aussi bien chez nous qu'ailleurs, tous les éléments des prix de revient examinés jusqu'à présent tendront à rendre notre situation inférieure à ce qu'elle était avant la guerre et inférieure à celle de nos concurrents.

M. Carlioz estime cependant qu'on pourra diminuer considérablement les capitaux à engager dans la reconstitution des outillages des usines envahies grâce à l'unification des profils complétée par la spécialisation des usines.

M. L. Pralon, vice-président du Comité des Forges de France, a dit ce que les barbares font de nos usines. « En ce moment, de l'autre côté des lignes, ils nous donnent un triste témoignage de l'estime en laquelle ils tenaient notre industrie ; ils dévalisent nos usines, les détruisent complètement. J'ai eu récemment des nouvelles par des réfugiés venant de nos régions et tout récemment arrivés, parmi lesquels se trouvaient des hommes en état de voir, de comprendre, de juger. Il m'a été donné, non seulement sur les usines dont j'ai l'honneur d'être administrateur délégué, mais encore sur celles de nos voisins, des renseignements qui confirment ceux qui nous avaient été fournis précédemment et qui les précisent de la façon la plus navrante : il y a ordre formel de les détruire ; des entrepreneurs de démolition démontent tous nos appareils, et quand une halle est vide, on détruit la halle (1). »

Quatorze usines métallurgiques sont occupées par l'ennemi, le kaiser a promis de nous les rendres chauves, tout sera donc à reconstruire et à réoutiller complètement.

Si, par exemple, dix trains de laminoirs sont à refaire dans dix usines différentes, il y aura intérêt à faire, à la suite d'une entente facile et prompte, une seule étude, un seul projet et la fabrication en série des dix trains réversibles et de leurs machines pourrait être entreprise après une seule mise au point.

L'économie qui résulterait d'une telle façon de procéder serait considérable. Chaque usine n'aurait à payer que le dixième des frais d'études, le dixième des frais de modèles et de calibres, le dixième des frais de mise au point ; de plus, le moulage et le forgeage des pièces, leur ajustage et leur montage faits en série coûteraient beaucoup moins cher. Les frais d'amortissement seront diminués dans la même proportion au profit des prix de revient et, par suite, des prix de vente.

Ce qui est vrai pour les trains de laminoirs est vrai pour tous les autres appareils qui devront tous être unifiés.

On diminuerait encore les prix de revient d'une usine si, toute l'année, cette usine ne coulait qu'un seul type

(1) Discours prononcé, le 26 mai 1917, au Congrès de la Fédération métallurgique française.

Digitized by Google

de lingot et ne laminait qu'un seul et même profil sur un unique train de laminoir, avec un outillage réduit au minimum, un personnel réduit également au minimum. Cet idéal n'est pas réalisable, mais chaque usine pourrait se spécialiser dans la fabrication de quelques types déterminés.

La lutte industrielle d'après-guerre sera des plus rudes surtout avec l'Allemagne dont M. Maurice Barrès nous a dit les projets. « A leur entrée dans Lille, Roubaix, Tourcoing, quand les Allemands expédièrent en Allemagne des matières premières pour des millions, et qu'ils détériorèrent tous les métiers des fabriques cyniquement, bon nombre de leurs officiers disaient aux industriels : « Notre plan est de préparer une quantité « énorme de produits manufacturés, de sorte qu'à la fin « de la guerre, tandis que vous chômerez au milieu de « vos magasins d'approvisionnements vides, nous pour- « rons inonder le monde de produits que nous livre- « rons à bas prix, car la matière première ne nous aura « rien coûté. »

Ces lignes nous fixent sur les intentions de nos ennemis et nous disent la paix que nous aurons à leur imposer après la victoire.

La spécialisation des usines ne réalisera pas seulement une économie d'outillage considérable, elle réalisera surtout une économie de temps encore plus importante, en rapprochant de la fin des hostilités le jour où chaque usine pourra reprendre les quelques fabrications qui lui auront été judicieusement attribuées. Alors, chaque usine n'ayant eu à créer que quelques fabrications, toutes les fabrications seront réalisées simultanément et la France reprendra sa place partout, avec une rapidité qui déjouera les plans abominables de l'Allemand.

Le rapporteur étudie ensuite les moyens de réaliser cette spécialisation des usines ; il lui semble que la meilleure solution consisterait en la création d'un Comptoir général de vente en commun des produits métallurgiques, résultat du groupement de tous les métallurgistes.

Le Comptoir fixera la spécialisation des usines, il ira même plus loin, il spécialisera la clientèle et désignera les usines les plus aptes à faire de l'exportation, de façon à réduire au minimum le prix de revient et de transport des produits des usines.

M. Carlioz examine minutieusement le fonctionnement du Comptoir, la façon dont il devra procéder vis-à-vis de chaque usine, dans les moindres détails et il prouve que la spécialisation forcée des usines sera pour celles-ci une cause de prospérité et non de limitation de production.

Des Comptoirs existaient déjà en France avant la guerre et parmi eux le Comptoir métallurgique de Longwy, ils étaient très appréciés aussi bien des usines que de sa clientèle. Le seul obstacle qui s'oppose à la création d'un Comptoir général de vente en commun des produits métallurgiques est notre législation qui fait un délit de la coalition, alors que la coalition est la base même du Comptoir, le spectre de l'article 419 du Code pénal paralyse tous les efforts.

L'article 419 du Code pénal, promulgué en 1810, visait les trafiquants, les accapareurs, les faiseurs de famine et non les producteurs qui produisent pour vendre et non pour accaparer, donc pas pour affamer. Cependant on n'a jamais cessé de l'appliquer aux industriels s'unissant pour produire et pour vendre ; ces tribunaux ont bien essayé de distinguer entre les spéculateurs et les associations de défense, mais l'article 419 reste une arme au service de la politique de certains groupes, au service d'intérêts particuliers plus ou moins respectables. Les Chambres de commerce, les Associations syndicales, plusieurs de nos ministres, et toutes les personnes compétentes en matière économique et industrielle sont d'accord pour condamner l'article 419 ; plusieurs solutions ont été proposées, abrogation, modification ; la meilleure solution semble résider dans le vœu émis par la Chambre de Commerce de Lyon et qui a été adopté par la Chambre de Commerce de Paris dans les termes suivants :

« La Chambre de Commerce de Paris, considérant qu'il est nécessaire, pour le développement de la puissance industrielle du pays, que les producteurs puissent réaliser entre eux certaines ententes ;

» Considérant qu'il n'est pas possible de laisser ces ententes bienfaisantes au point de vue national sous la menace des termes explicites de l'article 419 du Code pénal, le régime précaire de tolérance institué par la jurisprudence ne pouvant donner à des entreprises considérables la sécurité dont elles ont besoin ;

» Mais tenant compte, d'une part, de la nécessité de maintenir dans le Code une arme contre les spéculations dangereuses pour l'ordre public, d'autre part des difficultés d'ordre parlementaire que peut présenter l'établissement d'un texte nouveau destiné à abriter les ententes industrielles dont tout le monde s'accorde à reconnaître la nécessité ;

« Emet le vœu que l'article 419 soit, d'urgence, modifié par la suppression des mots suivants : « Par réunion « ou coalition entre les principaux détenteurs d'une « même marchandise ou denrée tendant à ne pas vendre « ou à ne la vendre qu'à un certain prix », qui répondaient à des préoccupations d'un autre âge et ne pouvaient viser des productions industrielles alors inexistantes, mais tendaient à prévenir certains agissements commerciaux aujourd'hui tout à fait irréalisables ;

« Et qu'un texte de loi rende obligatoire, à peine de nullité, la déclaration des ententes industrielles au greffe des Tribunaux de commerce. »

Le texte de l'article 419 deviendrait :

« Tous ceux qui, par des faits faux ou calomnieux, semés à dessein dans le public, par des suroffres faites aux prix que demandent les vendeurs eux-mêmes ou qui, par des voies ou moyens frauduleux quelconques, auront opéré la hausse ou la baisse du prix des denrées ou des marchandises ou des papiers ou effets publics au-dessus ou au-dessous des prix qu'aurait déterminés la concurrence naturelle et libre du commerce, seront punis d'un emprisonnement d'un mois au moins, d'un an au plus et d'une amende de 500 fr à 1 000 fr. »

Digitized by Google

Cette solution laisse les pouvoirs publics armés contre les fraudeurs et accapareurs et permet aux industriels de s'unir pour former des comptoirs pour la vente de leurs produits; il importe donc qu'elle soit adoptée dans le plus bref délai possible.

Comme conclusion au rapport de M. Carlioz, le Congrès du Génie civil a émis les vœux suivants :

Premier vœu. — Que l'on profite de ce que la plupart des usines métallurgiques sont à reconstruire pour les spécialiser et que les usines non dévastées s'orientent résolument dans la voie de la spécialisation.

Deuxième vœu. — Que pour rendre cette spécialisation plus facile et plus facilement complète, les métallurgistes constituent sans tarder un Comptoir général des ventes en commun, en France et à l'étranger, de tous les produits métallurgiques.

Troisième vœu. — Que, pour assurer au Comptoir général la garantie de longue durée, condition absolue de sa constitution, tous les groupements industriels et commerciaux poursuivent par tous les moyens possibles la très prochaine réalisation de la modification de l'article 419 du Code pénal, dans un sens qui permette aux industriels de se grouper pour la vente en commun des produits de leurs usines.

Une modification, que sa simplicité permet d'espérer facile à obtenir, consisterait dans la suppression du membre de phrase qui, dans l'article 419, fait de la coalition un élément de délit.

La métallurgie de l'étain (1).

L'étain est obtenu à partir de son oxyde (cassitérite); on réduit le minerai par le charbon à une température peu élevée, mais la teneur du minerai étant faible et voisine de 2 pour 100, il faut l'enrichir par un traitement qui constitue la partie la plus longue de la métallurgie de l'étain.

La réduction et l'affinage se font par des procédés plus modernes, l'électrolyse en particulier semble avoir donné d'assez bons résultats.

La production de l'étain en France est pour ainsi dire nulle, nous ne possédons que de faibles quantités de minerai dans la Creuse et dans l'Allier.

La production mondiale en 1916 a été d'environ 109325 t sur lesquelles la France n'a produit que 267 t d'étain dont :

79 tonnes avec des minerais du Tonkin,
157 tonnes avec des minerais de Bolivie,
26 tonnes avec des cendres et crasses d'étain,
5 tonnes seulement avec des minerais indigènes.

Nos besoins, pendant la guerre, étant de 14400 t et l'Angleterre ne nous en accordant que 13000 t, il importe d'augmenter notre production en intensifiant nos importations de minerai d'étain.

L'étain à l'état pur est employé pour la fabrication des tubes pour cordeaux détonnants, pour l'étamage des obus, la fabrication des fers-blancs, des tôles étamées, des tuyaux d'étain pour conduite d'eau gazeuse, pour bouchage des vins de Champagne, etc. Allié au cuivre ou au plomb il entre dans la composition de presque tous les alliages, soudures et bronzes usités dans l'industrie se rattachant à la Défense nationale comme à la vie économique du pays; il est donc indispensable d'augmenter la production de l'étain en France.

Comme conclusion au rapport de M. Marcel Bassot, le Congrès a émis le vœu suivant :

Qu'il soit donné toutes facilités aux fondeurs d'étain pour transporter les minerais d'étain de Bolivie et du Tonkin en France.

(*A suivre.*)

Assemblées générales

Revue générale de l'Electricité

Assemblée générale ordinaire du 6 mai 1918.

Les recettes se sont élevées à 324089,40 fr; les dépenses, très alourdies par l'augmentation considérable du prix du papier, ont atteint 322420,20 fr. Le solde bénéficiaire ressort à 1669,20 fr qui est reporté à nouveau.

Par suite des circonstances au milieu desquelles il s'est déroulé et des difficultés matérielles de toutes sortes qui en ont été la conséquence, l'exercice 1917 ne saurait être considéré que comme un exercice de mise en train de l'œuvre qu'ont voulu réaliser les fondateurs de la Société. Les résultats de cet exercice sont néanmoins satisfaisants et font bien augurer de la vitalité et du développement que la Revue est appelée à prendre lorsque les circonstances seront redevenues normales.

La coopération des lecteurs à l'œuvre entreprise s'est manifestée, soit sous forme de renseignements demandés auxquels la Direction s'est efforcée de répondre, soit en suggérant des améliorations de détails, soit par l'envoi d'articles ou de documents.

Bilan au 31 décembre 1917.

Actif.

	fr
Apports	45 000 »
Frais de constitution	5 486,75
Frais de premier établissement	14 772,25
Mobilier	11 099,60
Bibliothèque	6 533,20
Ouvrages, éditions, collections, numéros	1 »
Papier en magasin	108 543,75
Caisses, banques, bons de la Défense nationale	276 402,50
Débiteurs divers	121 227,45
	589 066,50

(1) Rapport de M. Marcel Basset.

Digitized by Google

Passif.	fr
Capital	400 000 »
Créditeurs divers	187 397,30
Pertes et profits	1 669,20
	589 066,50

Société hydro-électrique de la Haute-Bourne.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 5 MARS 1918.

Les actionnaires ont reçu communication du résultat des deux derniers exercices.

La consommation d'énergie a diminué par suite du nombre d'abonnés qui ont réduit leurs dépenses d'éclairage.

Les travaux d'aménagement de la force hydro-électrique sur la Bourne vers le pont de Goule-Noire sont en train. La pénétration dans les roches par un long tunnel de dérivation présente de grandes difficultés, cependant la Société espère que la chute du pont de Goule-Noire pourra être mise en exploitation à la fin de 1918.

L'intervention financière de la Société de Fure et Morge et Vizille, jointe au concours du ministère de l'Armement, a assuré les moyens matériels d'achever l'œuvre.

Un accord a été conclu entre la Société et celle de Fure et Morge et Vizille pour la revision du prix de cession de la vente de l'énergie.

Le premier exercice 1915-1916 a donné un bénéfice de 6834,06 fr, le deuxième un déficit de 1575,48 fr, soit un solde bénéficiaire de 5258,58 fr auquel il faut ajouter le report des exercices précédents 13990,70 fr.

L'assemblée décide de porter 5 pour 100 à la réserve légale, le surplus est reporté à nouveau, soit 18907,58 fr.

BILAN AU 1er MAI 1917.

Actif.	fr
Frais de premier établissement	451 059,78
Chute des Gorges	209 678,05
Chute des Barraques	15 000 »
Chute de Goule-Noire (en aménagement)	613 999,16
Usine des Gorges	52 216,80
Usine de Goule-Noire (en construction)	190 020,35
Ligne de transport de force	64 632,85
Réseaux de distribution	306 473,65
Petit matériel et outillage	1 779,30
Marchandises en magasin	3 604 50
Caisse	1 110 »
Banques	427 961,28
Débiteurs divers	32 928,05
Actionnaires	150 083,55
Obligataires	240 500 »
Comptes d'ordre	3 570 »
Frais payés d'avance	715,85
	2 765 333,77

Passif.	fr
Capital :	
Actions	1 000 000 »
Obligations	1 500 000 »
Emprunt hypothécaire	75 000 »
Réserve légale	1 393,83
Coupons d'obligations	65 941,50
Créanciers divers	104 090,26
Report des exercices	18 907,58
	2 765 333,77

Société anonyme électrochimique du Giffre.

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES ORDINAIRE ET EXTRAORDINAIRE DU 25 AVRIL 1918.

Le bénéfice a été cette année de 1423 177,95 fr; ce résultat est dû au chiffre d'affaires plus important et à l'extension des ventes de produits spéciaux dont la mise au point permet de récolter un profit.

L'assemblée décide de payer 70 fr par action de dividende, un premier acompte de 30 fr ayant été payé au 1er novembre 1917, le solde de 40 fr, impôts à déduire, sera payé à partir du 1er mai 1918 contre le coupon n° 22.

Sur la somme de 390000 fr portée au titre de provisions pour participations industrielles, il sera prélevé 100000 fr à affecter au compte réserve extraordinaire.

L'assemblée générale extraordinaire, réunie à l'issue de l'assemblée ordinaire, a décidé le doublement du capital social à raison d'une action nouvelle réservée à chaque porteur d'une action ancienne.

L'émission se fera au pair de 500 fr et chaque action ancienne recevra 150 fr prélevés sur les réserves sociales. Le versement à effectuer en espèces sera ainsi de 350 fr par action nouvelle à payer en un terme du 1er au 31 juillet 1918.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1917.

Actif.	fr
Usines et force aménagée pour 10000 ch	2 590 000 »
Participations industrielles	125 701 »
Immeubles et travaux neufs	622 235,55
Portefeuille (titres au cours du jour)	1 769 970 »
Caisse	45 337,10
Débiteurs divers	4 591 303,70
Marchandises fabriquées	425 873,40
Matières et approvisionnements	764 401,80
Acompte sur dividende 1917	150 000 »
	11 084 822,55

Passif.	
Capital	2 500 000 »
Réserve légale	187 000 »
Réserve spéciale aux actions	134 739,90
Réserve extraordinaire	1 550 000 »
Amortissements. Usines et force aménagée 10000 ch	1 390 000 »
Provisions :	
Participations industrielles	290 000 »
Pour immeubles et travaux neufs	660 000 »
Créanciers divers	2 964 367,25
Banquiers divers	1 000 215,40
Dividende 1917	350 000 »
Tantième statutaire	58 500 »
Profits et pertes. Bénéfices de l'exercice 1917	1 423 177,95
	11 084 822,55

Société marseillaise de Crédit industriel et commercial et de Dépôts.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 17 MAI 1918.

L'assemblée générale des actionnaires s'est tenue à Marseille, le 17 mai, sous la présidence de M. Edouard Cazalet.

Après avoir rendu hommage à la mémoire du comte Armand, vice-président, et de M. Jules Charles-Roux, tous deux décédés à quelques mois d'intervalle, le président donne des indications intéressantes sur l'orientation des affaires de la Société dont les efforts et l'activité ont été tendus vers tout ce qui, de près ou de loin, peut intéresser la Défense nationale. C'est ainsi qu'elle a participé à de nombreuses émissions ayant pour but de créer, développer, améliorer les industries de guerre.

La Société marseillaise a placé avec succès l'emprunt 5 1/2 Ville de Marseille et apporté une large contribution à l'Emprunt national 4 pour 100 se plaçant dans les premiers rangs des Sociétés de Crédit régionales.

Le personnel a fait preuve de zèle et de dévouement, aussi le Conseil s'est-il appliqué à améliorer son sort.

Par suite du manque de personnel compétent et d'éléments de direction, la Société marseillaise s'est trouvée dans l'obligation de maintenir fermées plusieurs sous-agences et n'a pu procéder à l'ouverture de ces agences de Toulon et de Cette dont les locaux sont pourtant aménagés.

Les bénéfices nets, déduction faite des amortissements habituels, se sont élevés à 2746111 fr au lieu de 2541818 fr en 1916.

En tenant compte du report antérieur de 1207115 fr, le solde disponible atteint 3953226 fr; le dividende a été fixé à 5 pour 100 du capital, et il a été reporté à nouveau 1546788,94 fr.

Sans tenir compte de ce report à nouveau, les réserves de la Société s'élèvent maintenant à la somme de 21300000 fr pour un capital de 55 millions de francs.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Règlement suisse concernant le calcul des redevances en matière des droits d'eau

En raison de l'importance que la crise des charbons donne à l'utilisation de nos forces motrices hydrauliques et de l'intérêt que présente pour l'avenir de notre industrie nationale une législation rationnelle de ces forces motrices, la « R. G. E. » a reproduit l'an dernier (1), à titre documentaire, le texte intégral de la « loi fédérale suisse sur l'utilisation des forces hydrauliques » du 22 décembre 1916 et a publié (2) quelques semaines après un commentaire de cette loi dû à M. Tochon, avocat à la Cour d'appel. Nous donnons ci-dessous le texte du règlement en date du 12 février 1918 qui fixe la manière de calculer les redevances prévues par cette loi.

La loi fédérale suisse du 22 décembre 1916, qui détermine le statut des installations de force motrice hydraulique, prévoit, dans son article 49, que « l'autorité concédante fixe les prestations et conditions imposées au concessionnaire, telles que taxes, redevance annuelle, etc. » en stipulant toutefois que « la totalité de ces prestations ne doit pas grever sensiblement l'utilisation de la force motrice ». Ce même article prévoit que « si les prestations grèvent d'une façon excessive l'utilisation de la force motrice, le Conseil fédéral peut, après avoir entendu le Canton, fixer le maximum des charges du concessionnaire en plus de la redevance annuelle et des taxes ».

D'après l'article 49 « la redevance annuelle ne peut excéder 6 fr par cheval »; de plus, « les usines concédées et l'énergie quelles produisent ne peuvent être grevés d'impôts spéciaux », à moins cependant que la redevance maximum ne soit inférieure à 6 fr par cheval, auquel cas le canton peut percevoir un impôt spécial « pourvu que les deux taxes réunies n'excèdent pas 5 fr par cheval ».

On voit par ces citations que le montant de l'ensemble des prestations qui peuvent être imposées au concessionnaire dépend de la puissance des installations. La détermination de cette puissance présente donc un intérêt tout particulier. L'article 51 de la loi indiquait sommairement comment doit se faire cette détermination :

« La puissance qui fait règle pour le calcul de la redevance, dit cet article, est la puissance théorique moyenne de l'eau calculée d'après les hauteurs de chute et les débits utilisables.

» La hauteur de chute utilisable est définie par la différence des niveaux d'eau mesurés entre la prise d'eau et le point de déversement dans le cours d'eau public.

» Sont considérés comme débits utilisables les quantités d'eau débitées effectivement par le cours d'eau jusqu'à concurrence du débit maximum que peuvent absorber les installations prévues dans la concession. »

Il convenait toutefois de préciser ce qu'on doit entendre par niveau de la prise d'eau et niveau du point de déversement et surtout de définir comment s'effectuerait la détermination du débit utilisable. Aussi le même article 51 prévoit-il que « le Conseil fédéral édicte les dispositions de détail nécessaires ».

Ce sont ces dispositions qui font l'objet de l'arrêté pris par le Conseil fédéral en date du 12 février 1918 et que nous reproduisons ci-dessous.

Les deux premiers articles de cet arrêté ne font guère que rappeler les dispositions générales des articles de la loi que nous venons d'indiquer; le troisième fait connaître la date des relevés d'après lesquels doit être effectué le calcul de la puissance. Dans les articles 4 à 16 se trouve précisée la hauteur de chute qu'il faut faire entrer dans le calcul de cette puissance : on remarquera que, si le concessionnaire n'a utilisé qu'une fraction de la hauteur de chute qui lui a été concédée, c'est cette dernière hauteur qui doit néanmoins être prise en considération dans le calcul. Les articles 16 à 23 spécifient les moyens de calculer le débit dans les divers cas qui peuvent se présenter en pratique. Enfin le dernier article fixe que le calcul devra être fait conformément au présent règlement dès le 1er janvier 1918.

La réserve qui est faite par le dernier alinéa de l'article 22 a pour but de ne pas apporter d'obstacle fiscal aux travaux de régularisation qu'un industriel pourrait être tenté de faire pour augmenter la puissance moyenne de la chute qui lui est concédée. Il serait en effet illogique que ces travaux, qui non seulement augmentent la force motrice disponible, mais encore atténuent les crues et leurs conséquences désastreuses, soient entravés par la crainte d'une redevance exagérée; aussi l'article 49 de la loi du 22 décembre 1916 auquel se réfère le dernier alinéa de l'article 22 du présent arrêté spécifie-t-il que « si une entreprise crée à grands frais un bassin d'accumulation servant à régulariser le

(1) *Revue générale de l'Électricité*, 22 septembre 1917, t. II, p. 575-580.

(2) *Idem*, 24 novembre 1917, t. II, p. 835-839.

Digitized by Google

débit, la redevance pour le supplément de force motrice sera réduite équitablement, lorsque les circonstances le justifieront.

Arrêté fédéral du 12 février 1918.

Article premier. — La redevance annuelle se calcule d'après le nombre des chevaux théoriques (art. 49 de la loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques).

Le nombre des chevaux théoriques est déterminé d'après la puissance théorique moyenne de l'année.

La redevance annuelle ne peut excéder 6 fr par cheval théorique.

Art. 2. — La puissance théorique moyenne se calcule d'après les puissances qui résultent des hauteurs de chute et des débits utilisables.

On prend en considération, dans ce calcul, les hauteurs de chute et les débits qui résultent des installations exécutées conformément à la concession.

Dans les usines où la chute n'est pas sensiblement influencée par le débit, ainsi que dans les petites usines, la puissance théorique moyenne peut être calculée d'après la moyenne annuelle des hauteurs de chute utilisables et celle des débits utilisables.

Si le mesurage des hauteurs de chute et des débits se heurte à des difficultés particulières, la puissance théorique moyenne peut être obtenue par le mesurage de l'énergie électrique, à condition qu'on tienne compte de la quantité des hauteurs de chute et des débits disponibles qui est utilisée. L'autorité concédante arrête les dispositions nécessaires.

Art. 3. — La puissance théorique moyenne doit être calculée, sur la base des relevés annuels effectifs, une fois la concession accordée

L'autorité concédante peut, d'accord avec le concessionnaire, appliquer à un certain nombre d'années nouvelles la puissance théorique obtenue pour les années écoulées,

Si toutefois les conditions de l'utilisation des forces hydrauliques se trouvent modifiées pendant cette période par des travaux de n'importe quelle nature, l'autorité concédante, aussi bien que le concessionnaire, peuvent, en tout temps, réclamer une revision du calcul de la puissance théorique moyenne.

Art. 4. — On entend par hauteur de chute utilisable la différence de niveau entre l'endroit où l'eau est dérivée du cours d'eau public et celui où elle y fait retour.

Art. 5. — Si la hauteur de chute réellement utilisée est inférieure à la hauteur de chute utilisable fixée par la concession, cette dernière seule est prise en considération pour les calculs.

Art. 6. — Si la prise d'eau et le point de déversement intéressent plusieurs cours d'eau appartenant au même bassin hydrographique et si le point de déversement est situé en amont du confluent naturel des cours d'eau, on comprend dans la hauteur de chute utilisable la différence de niveau entre le point de déversement et le confluent, en tant que cette chute ne peut pas être utilisée rationnellement dans une autre usine.

Art. 7. — Si la prise d'eau et le point de déversement intéressent des cours d'eau appartenant à différents bassins hydrauliques, on tient un compte équitable des effets de cette dérivation pour le calcul de la hauteur de chute.

Art. 8. — Lorsque le cours d'eau est amené artificiellement dans un bassin d'accumulation ou dans le bief supérieur d'une usine, on tient compte également, pour le calcul de la chute utilisable, de la différence de niveau entre la prise dans le cours d'eau public et le bassin d'accumulation ou le bief supérieur.

Art. 9. — Pour les usines de pompage qui sont destinées à gagner de la force et dans lesquelles la prise d'eau n'est pas au même niveau que le point de déversement, on entend par hauteur de chute la différence de niveau du cours d'eau public entre la prise d'eau et le point de déversement, la hauteur de refoulement et la hauteur de chute résultant du refoulement n'entrent pas en ligne de compte.

Art. 10. — Si l'on utilise dans un cours d'eau public la vitesse naturelle du courant comme force de propulsion, sans canal artificiel, la hauteur de charge est considérée comme hauteur de chute.

La hauteur de charge se calcule d'après la vitesse moyenne du courant au point d'utilisation et pour un niveau d'eau moyen.

Art. 11. — Si la chute utilisable dont dispose une usine est augmentée par suite de l'enlèvement d'obstacles dans le cours d'eau public, on tiendra compte de cette nouvelle chute dans les calculs, en tant qu'elle pourra être utilisée par l'installation prévue dans la concession.

Art. 12. — Si une augmentation de la chute prévue dans la concession est accordée au propriétaire d'un droit d'eau antérieur au 25 octobre 1908, la redevance pour cette augmentation de puissance se calcule d'après les prescriptions du présent règlement.

Art. 13. — La prise d'eau se trouve :

a) Pour les usines-barrage, du côté amont du barrage ;

b) Pour les installations avec dérivations, dans le cours d'eau public, devant les ouvrages de dérivation ;

c) Pour les bassins d'accumulation naturels ou artificiels (lacs et bassins d'eau souterraine), dans le bassin, indépendamment de la pression qu'il peut exercer sur l'eau dérivée ;

d) Pour les eaux souterraines et les sources, au lieu de captage..

Art. 14. — Le point de déversement se trouve, pour les usines-barrage comme pour les installations avec dérivation dans le cours d'eau public, à l'embouchure du canal de fuite de l'usine.

Art. 15. — Les niveaux de l'eau à la prise d'eau et au point de déversement sont observés à l'aide de limnimètres et, si c'est nécessaire, concurremment avec des limnigraphes.

Si des tiers ont intérêt à l'observation de la limite de retenue, cette dernière doit être marquée par des signes apparents.

Les divisions métriques des limnimètres et la hauteur des limites de retenue doivent être rapportées à l'horizon de nivellement suisse (altitude du repère de la Pierre du Niton = 373,6 m).

Art 16. — Pour calculer les débits utilisables, on détermine tout d'abord les débits totaux du cours d'eau public ; puis on en retranche les débits qui, en vertu de la concession, doivent rester dans le cours d'eau public ou que le concessionnaire doit fournir d'après les prescriptions de la loi ou de la concession.

Les débits restants représentent les débits utilisables en tant qu'ils ne dépassent pas la capacité de l'installation prévue dans la concession ; la capacité d'absorption des moteurs hydrauliques qui sont prévus dans la concession comme moteurs de réserve permanents n'entre pas en ligne de compte.

Art. 17 — Si le débit réellement utilisé dépasse le débit concessionné, le premier sert de base pour les calculs.

Art 18. — Pour les usines de pompage utilisant l'eau de sections de cours d'eau concessionnées pour d'autres buts, on entend par débit utilisable la quantité d'eau réellement refoulée.

Dans tous les autres cas on entend par débit utilisable le débit dont dispose l'usine de pompage en tant qu'il ne dépasse pas la capacité de l'installation (débit refoulé maximum).

Art. 19. — Les débits à la seconde se déterminent directement ; le jaugeage s'effectue à l'aide de récipients étalonnés ou en mesurant la vitesse au moyen du moulinet hydrométrique.

D'autres procédés de jaugeage ne sont admis que si, à conditions égales, ils atteignent le même degré d'exactitude.

La détermination empirique uniquement au moyen de

Digitized by Google

formules des débits n'est admise que dans les cas où aucun des procédés indiqués dans le présent règlement n'est applicable.

Art. 20. — Dans les bassins d'accumulation naturels ou artificiels, le débit utilisable peut se déterminer par les variations du niveau de l'eau dans la retenue ainsi que par le débit artificiel (débit utilisé dans le canal de fuite ou le débit naturel (déversoir ou écoulement dans le lit naturel).

Art. 21. — Le débit d'un cours d'eau public se mesure dans un profil non influencé par l'utilisation de la chute et où passe toute l'eau dont dispose l'usine.

Pour les usines avec bassins d'accumulation, le débit des affluents se détermine à l'aide des variations du niveau de l'eau dans la retenue et des débits du canal de fuite et des déversoirs.

Si des cours d'eau sont dérivés dans un bassin d'accumulation ou dans le bief supérieur d'usine, les débits disponibles se mesurent dans le cours d'eau public.

Art. 22. — Pour les usines avec accumulation on prend en considération le débit utilisable des affluents naturels, sans tenir compte de l'accumulation ; si toutefois la capacité de l'installation dépasse le débit semi-annuel des cours d'eau utilisés, on tient compte du débit naturel jusqu'à concurrence du débit semi-annuel.

Au delà de cette quantité on ne tient compte du débit que s'il est effectivement utilisé.

On entend par débit semi-annuel le débit moyen journalier qui est dépassé aussi souvent qu'il n'est pas atteint dans le cours de l'année.

Demeure réservée la réduction de la redevance pour le supplément de force prévu par l'article 59, deuxième alinéa, de la loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques.

Art. 23. — Le calcul de la redevance pour les droits d'eau accordés postérieurement au 25 octobre 1908 sera déterminé dès le 1er janvier 1918 conformément aux dispositions du présent règlement.

Si le propriétaire d'un droit d'eau antérieur au 25 octobre 1908 a obtenu après cette date la concession de forces nouvelles, la redevance sera calculée pour celles-ci d'après les prescriptions du présent règlement.

Législation, jurisprudence, réglementation

Décret autorisant l'utilisation des eaux du lac d'Orédon pour l'augmentation de puissance de l'usine hydro-électrique d'Eget.

Le « Journal officiel » du 14 juin 1918 publie p. 5153 un décret pris en date du 1er juin 1918 qui autorise la Compagnie des chemins de fer du Midi à augmenter la puissance de l'usine hydro-électrique d'Eget. Voici le texte de ce décret :

Article premier. — Sont déclarés d'utilité publique, comme extension de l'usine hydro-électrique d'Eget, les travaux à exécuter dans le département des Hautes-Pyrénées, en vue de l'utilisation des eaux du lac d'Orédon pour l'augmentation de puissance de ladite usine, conformément à l'avant-projet ci-dessus visé et à l'avis également ci-dessus visé du Conseil général des ponts et chaussées.

Art. 2. — Le fonctionnement des robinets alimentés par la réserve d'Orédon demeurera uniquement commandé par les besoins du service de la distribution des eaux de la Neste, quelles que soient les nécessités de l'exploitation du chemin de fer.

Art. 3. — Les eaux dérivées ne devront, en aucun cas, être retenues ou emmagasinées ; le canal de dérivation devra être absolument indépendant du réservoir de l'Oule et déverser ses eaux dans le canal d'amenée de l'usine Eget.

Art. 4. — Il sera établi un bassin régularisant dans la journée le débit restitué par l'usine Eget, si l'expérience du fonctionnement de cette usine montre qu'il entraîne des variations de débit assez importantes pour compromettre les intérêts dont le ministère de l'Agriculture est chargé.

Art. 5. — Lorsque les eaux de la réserve d'Orédon passeront sur le déversoir de ladite réserve, la compagnie pourra en user librement en fermant partiellement ou même totalement s'il y a lieu les robinets du réservoir de l'Oule ; lorsque les eaux sortiront des robinets du réservoir d'Orédon, la compagnie pourra toujours en user, mais elle devra, concurremment, faire écouler du réservoir de l'Oule, soit par les robinets, soit par le déversoir, si celui-ci donne suffisamment, au moins le débit nécessaire à la production, par l'usine Eget, d'une force égale à celle qui était prévue au projet déclaré d'utilité publique par la loi du 17 juillet 1908.

Art. 6. — La compagnie est autorisée à user provisoirement des eaux de fuite de la réserve d'Orédon avant l'achèvement du réservoir de l'Oule, sous les conditions prévues aux articles 2, 3 et 4.

Art. 7. — La présente déclaration d'utilité publique sera considérée comme nulle et non avenue si les expropriations nécessaires à l'exécution des travaux n'ont pas été accomplies dans un délai de cinq ans, à partir de la date du présent décret.

Art. 8. — La dépense des travaux déclarés d'utilité publique par le présent décret sera entièrement supportée par la Compagnie des chemins de fer du Midi et imputée au compte des travaux complémentaires.

Art. 9. — Le ministre des Travaux publics et des Transports et le ministre de l'Agriculture et du Ravitaillement sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au « Bulletin des lois » et publié au « Journal officiel ».

La réparation des dommages causés par les faits de guerre [1].

Le droit à la réparation des dommages de guerre a été reconnu par la loi des finances du 26 décembre 1914 dans son article 12. Le premier paragraphe de cet article dispose qu' « une loi spéciale déterminera les conditions dans lesquelles s'exercera le droit à la réparation des dommages matériels résultant des faits de guerre » ; le même article ouvrait au ministre de l'Intérieur un premier crédit de 500 000 000 pour les besoins les plus urgents, et disposait « qu'un décret pris en Conseil d'État fixera la procédure de la constatation des dommages et le fonctionnement des Commissions d'évaluation ».

Enfin les lois des 3 et 6 août 1917 sur la reconstitution agricole et industrielle des départements victimes de l'invasion ont chargé les ministres de l'Agriculture et du Commerce d'opérer des achats de matériels, d'outillage, de matières premières, etc., en vue de céder ultérieurement ces marchandises aux sinistrés pour leur permettre de remettre en marche leurs exploitations agricoles ou industrielles. Ces deux lois ont disposé que les cessions seraient « effectuées soit au comptant, soit sur délégation par le concessionnaire d'une fraction de l'indemnité susceptible de lui être allouée pour dommage de guerre égale au prix de la cession augmenté des frais accessoires ».

Le gouvernement avait déposé un projet le 11 mai 1915, projet qui se bornait à poser des principes, la Commission de la Chambre a modifié ce projet et en a présenté un autre

[1] Avis présenté au nom de la Commission des finances sur le projet de loi adopté par la Chambre des députés, sur la réparation des dommages causés par les faits de guerre par M. Millies-Lacroix, sénateur. *Journal officiel* du 9 janvier 1918, Documents parlementaires du Sénat, annexe n° 408, p. 731.

Digitized by Google

qui a été adopté par la Chambre le 26 janvier 1917. Ce projet contient cinquante-six articles répartis en cinq titres: Titre premier, dispositions générales. — Titre II, de l'indemnité. — Titre III, de la juridiction. — Titre IV, du payement. — Titre V, dispositions diverses.

Le premier titre contient l'affirmation du principe de solidarité dont la loi tout entière n'est qu'un développement. Il précise ensuite la nature des dommages ouvrant le droit à la réparation et la qualité des personnes admises à faire valoir ce droit.

Le titre II traite de l'indemnité ; il en établit les bases et en détermine les modalités, en tenant compte et de la nature des biens sur lesquels a porté le dommage et de l'affectation donnée par le sinistré aux sommes qui lui sont allouées.

Le titre III s'occupe de la juridiction ; il institue les Commissions d'évaluation et les tribunaux spéciaux chargés de régler les litiges qui peuvent s'élever entre les sinistrés et l'État sur la réalité ou l'importance des dommages. Il fixe la composition de ces Commissions et tribunaux, assure leur fonctionnement par des moyens de procédure appropriés, avec indication des voies de recours dont il peut être fait usage jusqu'à solution définitive.

Dans le titre IV sont groupées les prescriptions relatives au payement des indemnités suivant divers modes correspondant aux différents cas prévus dans les titres précédents.

Enfin le titre V renferme des dispositions détachées, destinées à parfaire le cadre de la loi et à préciser des détails d'application.

Le Sénat a apporté quelques modifications au projet de la Chambre, les principales portent sur le titre II (suppression de l'obligation du remploi, changements dans les bases d'évaluation des indemnités, admission à la réparation des dommages causés aux offices ministériels et aux fonds de commerce), dans le titre III la Commission du Sénat modifie la composition des Commissions cantonales d'évaluation et des tribunaux des dommages de guerre ; elle supprime les Commissions départementales et la Commission supérieure, enfin, dans le titre IV elle modifie les conditions de payement des indemnités.

Nous allons examiner rapidement le projet de loi.

Nature des dommages donnant droit à réparation. — Fixation des indemnités — Les dommages ouvrant le droit à réparation sont, d'une façon générale, tous ceux qui sont causés en France aux biens immobiliers, quels qu'en soient les auteurs, pourvu que ces dommages soient certains, matériels et directs ; toutefois, la Commission du Sénat a admis à réparation les dommages causés aux offices ministériels et aux fonds de commerce dont la cession est constatée par un acte ayant acquis date certaine avant la guerre.

Le projet de la Chambre avait subordonné, dans la plupart des cas, l'octroi de l'indemnité à la condition d'en effectuer le remploi par la reconstitution sur place des biens détruits ou endommagés, des exceptions cependant avaient été prévues et l'interdiction du remploi envisagée dans certains cas ; l'interdiction ou la dispense devait être prononcée ou accordée par le tribunal des dommages de guerre. La Commission du Sénat a jugé le remploi désirable, bien qu'il soit plus onéreux pour les finances publiques, puisqu'il oblige à verser au sinistré, non pas seulement le montant de la perte subie, mais la somme, qui peut être bien plus considérable, nécessaire pour lui permettre de reconstituer la chose détruite ou endommagée; mais la Commission croit qu'il n'y a pas lieu de rendre le remploi obligatoire car elle estime que l'obligation porte la négation du droit individuel de propriété et constitue une erreur économique allant à l'encontre du but visé. L'obligation pouvait avoir sa raison d'être au début de la guerre quand on croyait que les dommages ne seraient que partiaux et qu'il n'y aurait à réaliser que des remises en état; hélas il n'en est pas ainsi, les destructions systématiques opérées par l'Allemand nécessiteraient une reconstruction totale, et, dans ce cas, il serait contraire à nos principes de liberté et à l'intérêt même de notre industrie de forcer le sinistré à rétablir son matériel tel qu'il était et là où il était avant la guerre.

Conditions du paiement des indemnités. — L'État ne pourra verser immédiatement aux sinistrés les indemnités qui leur auront été attribuées. La Commission propose le système suivant: les intéressés recevront, sur leur demande et par les soins du ministère des Finances, tout d'abord, un titre constatant le montant de la somme attribuée pour la réparation de la perte subie. Ce titre ne sera pas commercialement négociable ; mais il pourra faire l'objet d'avances dans des conditions déterminées par le ministre des Finances et être transporté conformément aux prescriptions des articles 1639 et suivants du Code civil ou remis en nantissement dans les conditions prévues au même Code (art. 40, § 1er). Toutes les fois que, dans les délais prévus, l'attributaire aura fait une déclaration de remploi ou de reprise d'exploitation, il recevra un titre complémentaire correspondant au montant des dépenses supplémentaires admises. Des titres spéciaux seront délivrés pour l'indemnité de remplacement des meubles familiaux et effets corporels et pour le remboursement des prélèvements, amendes et contributions de guerre imposés par les troupes ennemies et payés pour la collectivité.

Sur le titre correspondant à la perte subie, il sera fait, un mois après sa remise, un premier paiement qui ne pourra être inférieur à 25 pour 100 de la perte ni à la somme de 3000 fr. Si la perte est inférieure à 3000 fr, elle sera soldée en totalité. La somme restant due sera versée en neuf annuités égales de douze mois en douze mois à partir du premier paiement, les termes non remboursés portant intérêt au taux de 5 pour 100.

Quand il y aura délivrance de titres complémentaires, les paiements sur le titre correspondant à la perte subie seront effectués par acomptes, dont chacun sera égal à une annuité, un mois après la justification de l'emploi des sommes déjà reçues. Une fois versée la totalité du montant du titre correspondant à la perte subie, de nouveaux paiements d'acomptes seront opérés sur le titre complémentaire au fur et à mesure des justifications produites. Enfin, lorsque toutes les indemnités auront été versées, l'attributaire pourra, en matière de dommages immobiliers, sous les mêmes justifications, réclamer des avances jusqu'à concurrence de la somme correspondant à la dépréciation à raison de la vétusté dont il aura été tenu compte pour l'évaluation de la perte subie. Les indemnités dues pour le remplacement des meubles familiaux et effets corporels ainsi que le remboursement des amendes et contributions de guerre seront payés en une seule fois sous bénéfice pour les premières d'un intérêt à 5 pour 100 à dater du jour du dommage.

Enfin, l'Etat pourra se libérer en nature si les attributaires y consentent.

L'article 54 du projet renvoie à une loi spéciale le soin de déterminer les conditions dans lesquelles s'exercera le droit à la réparation :

1° Des dommages résultant des faits de la guerre causés aux personnes;

2° Des dommages dont quiconque aura eu à souffrir sur sa personne ou sur ses biens par suite d'accidents qui se seront produits :

a) Dans les arsenaux, manufactures, dépôts de munitions de l'Etat;

b) Dans les usines privées travaillant pour la Défense nationale;

lorsque la réparation n'en pourra être obtenue par les recours de droit commun.

FIN DU TOME III

67826

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

32101 049823006

Digitized by Google